

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-313583

(43)Date of publication of application : 25.10.2002

(51)Int.Cl. H05B 33/22

G09F 9/30

H05B 33/14

(21)Application number : 2001-
399072

(71)Applicant : SEMICONDUCTOR
ENERGY LAB CO LTD

(22)Date of filing : 28.12.2001 (72)Inventor : SEO TETSUSHI
YAMAZAKI SHUNPEI

(30)Priority

| | | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Priority number : 2000400953 | Priority date : 28.12.2000 | Priority country : JP |
| 2001020817 | 29.01.2001 | JP |
| 2001032406 | 08.02.2001 | JP |

(54) LIGHT EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting device consuming less power and having a long service life, and an electric appliance.

SOLUTION: Either a hole transporting mixed layer 803 consisting of a hole injection material 811 and a hole transporting material 812, or a bipolar mixed layer 804 consisting of the hole transporting material 812 and an electron transporting material 813, or an electron transporting mixed layer 805 consisting of the electron transporting material 813 and an electron injection material 814, is employed and a density gradient as shown by the graph 810 is formed to enhance carrier injectability between the layers of an organic light emitting element. Using this technique, the organic light emitting element consuming less power and having a long service life is provided, and the light emitting device and the electric appliance are fabricated using the organic light emitting element.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.12.2004

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is luminescence equipment characterized by for said electron hole transporting bed being a layer containing the first compound and second compound in the luminescence equipment which has an organic light emitting device containing the electron hole transporting bed prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode, and for said first compound having ionization potential smaller than said second compound, and said second compound having hole mobility larger than said first compound.

[Claim 2] Said electron hole transporting bed is luminescence equipment characterized by forming the concentration gradient which the concentration of said first compound decreases to the direction of [from said anode plate] said cathode in luminescence equipment according to claim 1, and the concentration of said second compound increases.

[Claim 3] Luminescence equipment characterized by said first compound being a phthalocyanine compound in luminescence equipment according to claim 1 or 2.

[Claim 4] Luminescence equipment characterized by said second compound being an aromatic amine compound in luminescence equipment according to claim 1 or 2.

[Claim 5] It is luminescence equipment characterized by for said electron transport layer being a layer containing the first compound and second compound in the luminescence equipment which has an organic light emitting device containing the electron transport layer prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode, and for said first compound having an electron affinity larger than said second compound, and said second compound having electron mobility larger than said first compound.

[Claim 6] It is luminescence equipment characterized by forming the concentration gradient to which the concentration of said first compound

increases said electron transport layer to the direction of [from said anode plate] said cathode in luminescence equipment according to claim 5, and the concentration of said second compound decreases.

[Claim 7] The metal complex with which said first compound contains an alkali-metal complex or a quinoline frame in luminescence equipment according to claim 5 or 6, the metal complex containing a benzoquinoline frame, an oxadiazole derivative or a triazole derivative, luminescence equipment that comes out and is characterized by a certain thing.

[Claim 8] The metal complex with which said second compound contains a quinoline frame in luminescence equipment according to claim 5 or 6, the metal complex containing a benzoquinoline frame, an oxadiazole derivative, a triazole derivative or a phenanthroline derivative, luminescence equipment that comes out and is characterized by a certain thing.

[Claim 9] It is luminescence equipment characterized by for said luminous layer being a layer containing the first compound and second compound in the luminescence equipment which has an organic light emitting device containing the luminous layer prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode, and for said first compound having hole mobility larger than said second compound, and said second compound having electron mobility larger than said first compound.

[Claim 10] Said luminous layer is luminescence equipment characterized by forming the concentration gradient which the concentration of said first compound decreases to the direction of [from said anode plate] said cathode in luminescence equipment according to claim 9, and the concentration of said second compound increases.

[Claim 11] In the luminescence equipment which has an organic light emitting device containing the luminous layer prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode Said luminous layer is a layer containing the first compound, the second compound, and the third compound. Said first compound has hole mobility larger than said second compound. The energy

difference of a highest occupied molecular orbital and a minimum sky molecular orbital [in / said second compound has electron mobility larger than said first compound, and / said third compound] Luminescence equipment characterized by being a luminescent material smaller than the energy difference of the highest occupied molecular orbital and lowest unoccupied molecular orbital in the both sides of said first compound and said second compound.

[Claim 12] Said luminous layer is luminescence equipment characterized by forming the concentration gradient which the concentration of said first compound decreases to the direction of [from said anode plate] said cathode in luminescence equipment according to claim 11, and the concentration of said second compound increases.

[Claim 13] Luminescence equipment characterized by said first compound being an aromatic amine compound in luminescence equipment according to claim 9 to 12.

[Claim 14] The metal complex with which said second compound contains a quinoline frame in luminescence equipment according to claim 9 to 12, the metal complex containing a benzoquinoline frame, an oxadiazole derivative, a triazole derivative or a phenanthroline derivative, luminescence equipment that comes out and is characterized by a certain thing.

[Claim 15] In the luminescence equipment using the organic light emitting device containing the luminous layer prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode, and the blocking layer prepared in contact with said luminous layer The energy difference of the highest occupied molecular orbital and a minimum sky molecular orbital in said blocking ingredient including the ingredient and blocking ingredient with which said blocking layer is contained in said luminous layer Luminescence equipment characterized by being larger than the energy difference of the highest occupied molecular orbital and a minimum sky molecular orbital in the ingredient contained in said luminous layer.

[Claim 16] It is luminescence equipment characterized by forming the concentration gradient which the concentration of the ingredient with which said

blocking layer is contained in said luminous layer to the direction of [from said anode plate] said cathode in luminescence equipment according to claim 15 decreases, and the concentration of said blocking ingredient increases.

[Claim 17] It sets to luminescence equipment according to claim 15 or 16, and said blocking ingredient is an oxadiazole derivative, a triazole derivative or a phenanthroline derivative, and luminescence equipment that comes out and is characterized by a certain thing.

[Claim 18] It is luminescence equipment characterized by said organic light emitting device presenting luminescence from a triplet excitation state in luminescence equipment given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 17.

[Claim 19] In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device the organic compound layer prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode -- since -- said organic compound layer Said electron hole transportation zone is located [in addition] in said anode plate side rather than said electronic transportation zone, including the electron hole transportation zone which consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient. And between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones Luminescence equipment characterized by preparing the mixing zone containing both said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient.

[Claim 20] In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device an anode plate, cathode, the hole-injection field prepared in contact with said anode plate, and the organic compound layer prepared between said hole-injection field and said cathode -- since -- The electron hole transportation zone where said organic compound layer consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient, an implication and said electron hole transportation zone -- said electronic transportation zone -- said anode plate side -- being located -- in addition -- and the luminescence equipment characterized

by preparing the mixing zone containing both said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones.

[Claim 21] In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device the organic compound layer prepared between an anode plate, cathode, the electron injection field prepared in contact with said cathode, and said anode plate and said electron injection field -- since -- The electron hole transportation zone where said organic compound layer consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient, an implication and said electron hole transportation zone -- said electronic transportation zone -- said anode plate side -- being located -- in addition -- and the luminescence equipment characterized by preparing the mixing zone containing both said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones.

[Claim 22] An anode plate, cathode, the hole-injection field prepared in contact with said anode plate, and the electron injection field prepared in contact with said cathode, In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device the organic compound layer prepared between said hole-injection field and said electron injection field -- since -- said organic compound layer Said electron hole transportation zone is located [in addition] in said anode plate side rather than said electronic transportation zone, including the electron hole transportation zone which consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient. And between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones Luminescence equipment characterized by preparing the mixing zone containing both said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient.

[Claim 23] It is luminescence equipment which the concentration of said electron hole transport ingredient in said mixing zone decreases to the direction of [from

said anode plate] said cathode in luminescence equipment given in any 1 term of claim 19 thru/or claim 22, and is characterized by the concentration of said electronic transport ingredient in said mixing zone increasing.

[Claim 24] Luminescence equipment with which luminescent material which presents luminescence to any 1 term of claim 19 thru/or claim 23 in the luminescence equipment of a publication is characterized by being added in said mixing zone.

[Claim 25] Luminescence equipment with which luminescent material which presents luminescence to any 1 term of claim 19 thru/or claim 23 in the luminescence equipment of a publication is characterized by being added by the part in said mixing zone.

[Claim 26] Luminescence equipment characterized by adding the blocking ingredient with the large energy difference of a highest occupied molecular orbital and a minimum sky molecular orbital in said mixing zone compared with said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient in luminescence equipment given in any 1 term of claim 19 thru/or claim 23.

[Claim 27] Luminescence equipment characterized by adding the blocking ingredient with the large energy difference of a highest occupied molecular orbital and a minimum sky molecular orbital in the part in said mixing zone compared with said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient in luminescence equipment given in any 1 term of claim 19 thru/or claim 23.

[Claim 28] Luminescence equipment characterized by adding both a blocking ingredient with the large energy difference of a highest occupied molecular orbital and a minimum sky molecular orbital, and ** in said mixing zone compared with the luminescent material which presents luminescence to any 1 term of claim 19 thru/or claim 23 in the luminescence equipment of a publication, and said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient.

[Claim 29] The field where said luminescent material is added in luminescence equipment according to claim 28 is luminescence equipment characterized by

being located in said anode plate side rather than the field where said blocking ingredient is added.

[Claim 30] It is luminescence equipment characterized by said luminescent material presenting luminescence from a triplet excitation state in luminescence equipment given in any 1 term of claim 24 thru/or claim 25 or claim 28 thru/or claim 29.

[Claim 31] In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device the organic compound layer prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode -- since -- said organic compound layer The electron hole transportation zone which consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient are included. And between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones the mixing zone which contains said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient at a fixed rate forms -- having -- **** -- in addition -- and the luminescence equipment characterized by preparing the luminescence field where the luminescent material which presents luminescence in said mixing zone was added.

[Claim 32] In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device an anode plate, cathode, the hole-injection field prepared in contact with said anode plate, and the organic compound layer prepared between said hole-injection field and said cathode -- since -- Said organic compound layer includes the electron hole transportation zone which consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient. And between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones the mixing zone which contains said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient at a fixed rate forms -- having -- **** -- in addition -- and the luminescence equipment characterized by preparing the luminescence field where the luminescent material which presents luminescence in said mixing zone

was added.

[Claim 33] In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device the organic compound layer prepared between an anode plate, cathode, the electron injection field prepared in contact with said cathode, and said anode plate and said electron injection field -- since -- Said organic compound layer includes the electron hole transportation zone which consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient. And between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones the mixing zone which contains said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient at a fixed rate forms -- having -- **** -- in addition -- and the luminescence equipment characterized by preparing the luminescence field where the luminescent material which presents luminescence in said mixing zone was added.

[Claim 34] An anode plate, cathode, the hole-injection field prepared in contact with said anode plate, and the electron injection field prepared in contact with said cathode, In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device the organic compound layer prepared between said hole-injection field and said electron injection field -- since -- said organic compound layer The electron hole transportation zone which consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient are included. And between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones the mixing zone which contains said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient at a fixed rate forms -- having -- **** -- in addition -- and the luminescence equipment characterized by preparing the luminescence field where the luminescent material which presents luminescence in said mixing zone was added.

[Claim 35] The luminescence field where said luminescent material was added in luminescence equipment given in any 1 term of claim 31 thru/or claim 34 is

luminescence equipment characterized by being a part in said mixing zone.

[Claim 36] Luminescence equipment characterized by adding the blocking ingredient with the large energy difference of a highest occupied molecular orbital and a minimum sky molecular orbital in the part in said mixing zone compared with said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient in luminescence equipment given in any 1 term of claim 31 thru/or claim 35.

[Claim 37] The luminescence field where the blocking ingredient with the large energy difference of a highest occupied molecular orbital and a minimum sky molecular orbital is added by the part in said mixing zone compared with said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient, and said luminescent material was added in luminescence equipment according to claim 35 is luminescence equipment characterized by being located in said anode plate side rather than the field where said blocking ingredient is added.

[Claim 38] It is luminescence equipment characterized by said luminescent material presenting luminescence from a triplet excitation state in luminescence equipment given in any 1 term of claim 31 thru/or claim 37.

[Claim 39] It is luminescence equipment characterized by the percentage of the mass of said electron hole transport ingredient to the sum total mass of said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient being 90 or less % 10% or more about the inside of said mixing zone in luminescence equipment given in any 1 term of claim 19 thru/or claim 38.

[Claim 40] It is luminescence equipment characterized by said mixing zone being the thickness of 10 nanometers or more and 100 nanometers or less in luminescence equipment given in any 1 term of claim 19 thru/or claim 38.

[Claim 41] An anode plate, cathode, the first mixing zone prepared in contact with said anode plate, and the second mixing zone prepared in contact with said first mixing zone, In the luminescence equipment using the becoming organic light emitting device the third mixing zone prepared between said second mixing zone and cathode -- since -- For said second mixing zone, said first mixing zone is

[said third mixing zone] luminescence equipment characterized by including said electronic transport ingredient and an electron injection ingredient including said electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient including a hole-injection ingredient and an electron hole transport ingredient.

[Claim 42] Luminescence equipment characterized by luminescent material being added by said second mixing zone in luminescence equipment according to claim 41.

[Claim 43] luminescence equipment according to claim 42 -- the luminescence equipment characterized by being and said luminescent material presenting luminescence from a triplet excitation state.

[Claim 44] An anode plate, cathode, the first mixing zone prepared in contact with said anode plate, and the second mixing zone prepared in contact with said first mixing zone, In the luminescence equipment using the becoming organic light emitting device the third mixing zone prepared in contact with said second mixing zone, and the fourth mixing zone prepared between said third mixing zone and cathode -- since -- In said second mixing zone, said first mixing zone contains said electron hole transport ingredient, a host ingredient, and a guest ingredient including a hole-injection ingredient and an electron hole transport ingredient. For said fourth mixing zone, said third mixing zone is luminescence equipment characterized by including said blocking ingredient and an electron injection ingredient including said host ingredient and a blocking ingredient.

[Claim 45] luminescence equipment according to claim 44 -- the luminescence equipment characterized by being and said guest ingredient presenting luminescence from a triplet excitation state.

[Claim 46] The electric appliance characterized by using the luminescence equipment of a publication for any 1 term of claim 1 thru/or claim 45.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the luminescence equipment using the organic light emitting device which has an anode plate, cathode, and the film (it is hereafter described as an "organic compound layer") containing the organic compound with which luminescence is obtained by adding electric field. this invention -- especially -- the former -- driver voltage -- low -- in addition -- and the life of a component is related with the luminescence equipment using an organic long light emitting device. In addition, the luminescence equipment in this description points out an image display device or a luminescence device using the organic light emitting device as a light emitting device. Moreover, the module with which a connector (FPC:Flexible printed circuit), for example, an anisotropic conductive film, a TAB (Tape Automated Bonding) tape, or TCP (Tape Carrier Package) was attached in the organic light emitting device, the module with which the printed wired board was prepared in the point of a TAB tape or TCP, or all the modules by which IC (integrated circuit) was directly mounted in the organic light emitting device by the COG (Chip On Glass) method shall also be included in luminescence equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] An organic light emitting device is a component which emits light by adding electric field. It is said that the luminescent mechanism emits energy and emits light in case the electron hole poured in from the electron poured in from cathode by impressing an electrical potential difference to inter-electrode on both sides of an organic compound layer and the anode plate recombines in the emission center in an organic compound layer, the molecule (it is hereafter described as a "molecule exciton") of an excitation state is formed and the molecule exciton returns to a ground state.

[0003] In addition, as a class of molecule exciton which an organic compound forms, although a singlet excitation state and a triplet excitation state are possible,

suppose that it contains also when which excitation state contributes to luminescence in this description.

[0004] In such an organic light emitting device, an organic compound layer is usually formed with a thin film to the extent that it is less than 1 micrometer. Moreover, since an organic light emitting device is a spontaneous light type component to which the organic compound layer itself emits light, it is unnecessary also in a back light which is used for the conventional liquid crystal display. Therefore, an organic light emitting device is an advantage with big it being extremely producible to a thin light weight.

[0005] Moreover, considering the carrier mobility of an organic compound layer, time amount after pouring in a carrier in an about 100-200nm organic compound layer until it results in recombination is about dozens of nanoseconds, and even if it includes the process from recombination of a carrier to luminescence, it results in luminescence to the order within a microsecond, for example. Therefore, it is one of the features that a speed of response is also dramatically quick.

[0006] Furthermore, since an organic light emitting device is a light emitting device of a carrier impregnation mold, actuation with direct current voltage is possible for it, and a noise cannot produce it easily. About driver voltage, thickness of an organic compound layer is first used as an about 100nm uniform super-thin film. Moreover, by choosing an electrode material which makes small the carrier impregnation obstruction over an organic compound layer, and introducing single hetero structure (two-layer structure) further Sufficient brightness of 100 cd/m² was attained by 5.5V (). [reference 1:C.W.Tang and S.A.VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes",] [Applied] Physics Letters, vol.51, No.12, and 913-915 (1987).

[0007] From properties, such as such thin light weight, high-speed responsibility, direct-current low-battery actuation, etc., the organic light emitting device attracts attention as a next-generation flat-panel display component. Moreover, it is a spontaneous light type, and since the angle of visibility is large, visibility is also comparatively good and it is thought that it is effective as a component used for

the display screen of a pocket device.

[0008] By the way, although it is the configuration of the organic light emitting device shown in reference 1, it considers as the approach of making small the carrier impregnation obstruction over an organic compound layer first, and to the low top, a work function uses a comparatively stable Mg:Ag alloy for cathode, and is raising electronic impregnation nature. By this, it makes it possible to inject the carrier of a large quantity into an organic compound layer.

[0009] Furthermore, the recombination effectiveness of a carrier is raised by leaps and bounds as an organic compound layer by applying the single hetero structure of carrying out the laminating of the electronic transportability luminous layer which consists of an electron hole transporting bed which consists of a diamine compound, and tris (8-quinolinolato) aluminum (abbreviated name; Alq3). This is explained as follows.

[0010] For example, in the case of the organic light emitting device which has only Alq3 monolayer, most electrons poured in from cathode since Alq3 was electronic transportability arrive at an anode plate, without recombining with an electron hole, and the effectiveness of luminescence is very bad. That is, in order to make the organic light emitting device of a monolayer emit light efficiently (or it drives by the low battery), it is necessary to use the ingredient (for it to be hereafter described as a "bipolar ingredient") which can convey both an electron and an electron hole with sufficient balance, and Alq3 does not fulfill the condition.

[0011] However, if terrorism structure is applied to a single like reference 1, the electron poured in from cathode will be blocked by the interface of an electron hole transporting bed and an electronic transportability luminous layer, and will be shut up into an electronic transportability luminous layer. Therefore, recombination of a carrier is efficiently performed by the electronic transportability luminous layer, and it results in efficient luminescence.

[0012] If the concept of the blocking function of such a carrier is developed, it will also become possible to control the recombination field of a carrier. By inserting the layer (electron hole blocking layer) which can block an electron hole between

an electron hole transporting bed and an electron transport layer as the example, an electron hole is shut up in an electron hole transporting bed, and there is a report which succeeded in making the electron hole transporting bed emit light. (Reference 2: Yasunori KIJIMA, Nobutoshi ASAI and Shin-ichiro TAMURA, "A Blue Organic Light Emitting Diode", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.38, 5274-5277 (1999)) .

[0013] Moreover, it can be said that it is the way of thinking of functional separation that, as for the organic light emitting device in reference 1, an electron hole transporting bed performs transport of an electron hole so to speak, and an electronic transportability luminous layer performs electronic transport and electronic luminescence. The concept of this functional separation further Between an electron hole transporting bed and an electron transport layer A luminous layer It developed into the design for terrorism structure (three layer systems) to the double of inserting (). [reference 3: Chihaya ADACHI, Shizuo TOKITO, Tetsuo TSUTSUI and Shogo SAITO,] ["Electroluminescence] in Organic Films with Three-Layered Structure", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.27, No.2, L269-L271 (1988).

[0014] As an advantage of such functional separation, it is in the point that it becomes unnecessary to give various functions (the luminescence, carrier transportability, carrier impregnation nature from an electrode, etc.) simultaneously to one kind of organic material, and a broad degree of freedom can be given to a molecular design etc., by carrying out functional separation (it becomes unnecessary for example, to look for a bipolar ingredient by force). That is, by combining respectively an ingredient with a sufficient luminescence property, the ingredient in which carrier transportability is excellent, I hear that high luminous efficiency can be attained easily, and it is.

[0015] It is widely used until the concept (a carrier blocking function or functional separation) of the laminated structure stated by reference 1 itself results [from these advantages] in current.

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since a laminated structure which was described above is junction of insulators [Especially] between dissimilar material, in the interface, an energy barrier will surely produce it. If an energy barrier exists, since migration of a carrier is barred in the interface, two troubles which are described below will be raised.

[0017] One is the point of becoming a failure towards the further reduction of driver voltage, first. In the current organic light emitting device, the direction of the component of monolayer structure using a conjugation polymer is actually excellent about driver voltage. it is reported that the top data (however, luminescence from a singlet excitation state comparison) in power effectiveness (unit : [lm/W]) are held (reference 4:Tetsuo Tsutsui --) A Japan Society of Applied Physics organic molecule and "bioelectronics subcommittee meeting magazine" Vol.11, No.1, P.8 (2000).

[0018] In addition, the conjugation polymer stated by reference 4 is a bipolar ingredient, and can attain level equivalent to a laminated structure about the recombination effectiveness of a carrier. Therefore, if even recombination effectiveness of a carrier is made to an EQC by using a bipolar ingredient etc., without using a laminated structure, the direction of monolayer structure with few interfaces shows [driver voltage] in practice that it becomes low.

[0019] Migration of a carrier is barred in the interface between each class in an organic compound layer (for example, it is a thing between an electron hole transporting bed and a luminous layer, and is hereafter described as "an organic interface"), and this can be explained that higher driver voltage has been needed.

[0020] For example, it sets to the interface of an electrode and an organic compound layer. An ingredient which eases an energy barrier is inserted. The impregnation nature of a carrier It raises. Driver voltage There is the approach of reducing (). [reference 5:Takeo] Wakimoto and Yoshinori Fukuda and Kenichi Nagayama, Akira Yokoi and Hitoshi Nakada and and Masami Tsuchida, "Organic EL Cells Using Alkaline Metal Compounds as Electron Injection Materials", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL.44, NO.8, 1245-1248 (1997).

By reference 5, it has succeeded in reduction of driver voltage by using Li₂O as an electronic injection layer.

[0021] However, it is related with the carrier migratory of an organic interface, and it is still thought that it is an unsolved field and is the important point for catching up with the low driver voltage of monolayer structure using a bipolar ingredient.

[0022] Furthermore, the effect to the component life of an organic light emitting device can be considered as another trouble resulting from an energy barrier. That is, it is lowering of the brightness by migration of a carrier being barred and charge being accumulated.

[0023] By inserting a hole injection layer between an anode plate and an electron hole transporting bed, and making it further ac actuation of a square wave instead of dc actuation, although the theory which clarified about this degradation device is not established Lowering of brightness There is a report that it can stop (). [reference 6:S.] A.VanSlyke and C.H.Chen, and C.W.Tang and "Organic electroluminescent devices with improved stability", Applied Physics Letters, Vol.69, No.15, 2160-2162 (1996). This can be said to be experimental backing that lowering of brightness was able to be suppressed, by eliminating are recording of charge by insertion and ac actuation of a hole injection layer.

[0024] the above thing to a laminated structure -- easy -- the recombination effectiveness of a carrier -- it can raise -- in addition -- and while it has the merit that selection width of face of an ingredient can be made large from a viewpoint of functional separation, by making many organic interfaces, migration of a carrier is barred (the organic interface for blocking especially a carrier and making a carrier recombine is made), and it can be said that lowering of driver voltage or brightness has been affected.

[0025] then -- while harnessing the advantage (functional separation) of the laminated structure used conventionally in this invention -- in addition -- and by easing the energy barrier which exists in an organic compound layer, migratory [of a carrier] is raised and the life of a component makes it a technical problem

to offer an organic long light emitting device in the top where driver voltage is lower than before.

[0026] at the same time it delete the organic interface which exist in an organic compound layer by block a carrier in a luminous layer and produce especially the component of a different concept from the laminated structure use conventionally of make a carrier recombine and raise migratory [of a carrier] -- in addition -- and let what you make discover the function of the ingredient of various plurality like functional separation of a laminated structure (it describe as "a functional manifestation" hereafter) be a technical problem. Thereby, the life of a component makes it a technical problem to offer an organic long light emitting device in the top where driver voltage is lower than before.

[0027] furthermore, the thing for which such an organic light emitting device is used -- the former -- driver voltage -- low -- in addition -- and let it be a technical problem to offer the long luminescence equipment of a life. furthermore, the thing for which an electric appliance is produced using said luminescence equipment -- the former -- a low power -- it is -- in addition -- and let it be a technical problem to offer the electric appliance which merit-maintains and is carried out.

[0028]

[Means for Solving the Problem] About relaxation of the energy barrier in a laminated structure, it sees on the technique of insertion of a carrier impregnation layer which is looked at by reference 5 notably. The explanation using an energy band diagram is shown in drawing 1 by making a hole injection layer into an example.

[0029] Although the anode plate 101 and the electron hole transporting bed 102 are directly joined in drawing 1 (a), the energy barrier 104 of an anode plate 101 and the electron hole transporting bed 102 is large in this case. However, an energy barrier can be designed stair-like by inserting the ingredient which has the HOMO level located in the medium of the ionization potential (it is synonymous with a work function in the case of a metal) of an anode plate, and the highest occupied molecular orbital (it is hereafter described as "HOMO") level of an

electron hole transporting bed as a hole injection layer 103 (drawing 1 (b)).

[0030] By designing a stair-like energy barrier like drawing 1 (b), the carrier impregnation nature from an electrode can be raised and, to be sure, until can lower driver voltage to some extent. However, when a trouble increases the number of layers, the number of organic interfaces is increasing to reverse. It is thought that the direction of monolayer structure is the cause of holding the top data of driver voltage and power effectiveness as this is shown by reference 4.

[0031] on the contrary -- if it says, while harnessing the merit (various ingredients can be combined and it is unnecessary in a complicated molecular design) of a laminated structure by conquering this point -- in addition -- and it can catch up with the driver voltage and power effectiveness of monolayer structure.

[0032] What is necessary is to ease the energy barrier in an organic compound layer, and just to be able to avoid barring migration of a carrier as the fundamental design, without increasing the number of organic interfaces. this invention person devised the component structure where this design was realizable by the approach as shown below.

[0033] First, what is necessary is just to prepare the layer (for it to be hereafter described as an "electron hole transportability mixing layer") which mixed the hole-injection ingredient with high (ionization potential is small) HOMO level, and the high electron hole transport ingredient of hole mobility, although it is the technique of easing the energy barrier over an electron hole. by this technique, a hole-injection ingredient plays [the reception of the electron hole from an anode plate side] a role for transport of an electron hole within an electron hole transportability mixing layer, respectively, and an electron hole transport ingredient comes out of the function of a bilayer called a conventional hole injection layer and a conventional electron hole transporting bed further, and can be realized.

[0034] Moreover, it is desirable to form a concentration gradient in the electron hole transportability mixing layer described in the top. That is, the rate of the side near an anode plate of an electron hole transport ingredient increases as are

shown in drawing 2 , and there are many rates of a hole-injection ingredient and they separate from an anode plate. By forming such a concentration gradient, from the reception of the electron hole from an anode plate side to transport is carried out to lubrication, without forming a big energy barrier, and it contributes to lowering and reinforcement of driver voltage.

[0035] In addition, although the concentration gradient in drawing 2 was illustrated using the straight line for convenience, it is not necessary to necessarily become a straight line, and the inclination of an increment or reduction shall just be formed. In case it controls, it actually thinks [becoming a curve in many cases and]. Suppose that it is the same about other concentration gradients stated on these descriptions.

[0036] next, what is necessary is just to prepare the layer (for it to be hereafter described as an "electronic transportability mixing layer") which mixed the electron injection ingredient with low (an electron affinity -- large) minimum sky molecular orbital (it is hereafter described as "LUMO") level, and the high electronic transport ingredient of electron mobility, although it is the technique of easing the energy barrier over an electron by this technique, an electron injection ingredient plays [the reception of the electron from a cathode side] a role for transport of an electron within an electronic transportability mixing layer, respectively, and an electronic transport ingredient comes out of the function of a bilayer called a conventional electronic injection layer and a conventional electron transport layer further, and can be realized.

[0037] Moreover, it is desirable to form a concentration gradient in the electronic transportability mixing layer described in the top. That is, the rate of the side near cathode of an electronic transport ingredient increases as are shown in drawing 3 , and there are many rates of an electron injection ingredient and they separate from cathode. By forming such a concentration gradient, from the reception of the electron from a cathode side to transport is carried out to lubrication, without forming a big energy barrier, and it contributes to lowering and reinforcement of driver voltage.

[0038] Furthermore, there is also the technique of easing the energy barrier in a luminous layer. Namely, what is necessary is just to prepare the layer (for it to be hereafter described as a "bipolar nature mixing layer") which mixed the high electron hole transport ingredient of hole mobility, and the high electronic transport ingredient of electron mobility, and was made into bipolar nature as a luminous layer. In this case, although the carrier blocking function in the interface of the ends of a luminous layer becomes small, it becomes easy to recombine a carrier by the bipolar nature mixing layer according to the carrier mobility difference between electron transport layer-bipolar nature mixing layers, and the carrier mobility difference between electron hole transporting bed-bipolar nature mixing layers.

[0039] Moreover, it is desirable to form a concentration gradient in the bipolar nature mixing layer described in the top. That is, the rate of the side near an anode plate of an electronic transport ingredient increases as are shown in drawing 4, and there are many rates of an electron hole transport ingredient and they approach cathode. By forming such a concentration gradient, the period until it results in recombination from transport of an electron hole and an electron is carried out to lubrication, without forming a big energy barrier, and it contributes to lowering and reinforcement of driver voltage.

[0040] In addition, a bipolar nature mixing layer is considered that the direction of the low ingredient of excitation energy emits light. The excitation energy in this description points out the thing of the energy difference of HOMO and LUMO. By photoelectron spectroscopy, it is measurable and HOMO(s) may be considered to be ionization potential and homonymy. Moreover, LUMO is computable from the value of the excitation energy and HOMO level by defining excitation energy as an absorption spectrum end for convenience.

[0041] Furthermore, there is also the technique of making luminescent material dope and emit light to the bipolar nature mixing layer described in the top. In this case, the luminescent material which is a dopant needs to have excitation energy lower than the electron hole transport ingredient and electronic transport

ingredient which are contained in a bipolar nature mixing layer. When the dopant (example; rubrene) of a carrier trap mold is used especially, since the recombination effectiveness of a carrier increases further, it is desirable.

[0042] Moreover, although the electron hole blocking layer was shown by reference 2, generally such a layer consists of blocking ingredients. as for the blocking ingredient, what has bigger excitation energy than the ingredient of a luminous layer is common (namely, diffusion of a molecule exciton -- it can protect), and it is an ingredient which can also block a carrier further. An electron hole is mainly blocked in many cases.

[0043] this invention person devised also about the technique of forming the layer (it being hereafter described as a "blocking nature mixing layer") which mixed the blocking ingredient and the ingredient (or host ingredient of a luminous layer) of a luminous layer. In this case, a blocking nature mixing layer can also function also as a luminous layer, and can also do the view of the luminous layer which can block a carrier and a molecule exciton efficiently inside a layer.

[0044] It is desirable to form a concentration gradient, especially concerning a blocking nature mixing layer. It is because migration of the carrier (if it is an electron hole blocking ingredient electron) of the direction which is not blocked by making concentration of a blocking ingredient high gradually is made to lubrication as it separates from a luminous layer.

[0045] By the way, the energy emitted in case it returns from a triplet excitation state to a ground state in recent years The organic light emitting device which can change (it is hereafter described as "triplet excitation energy") into luminescence is announced by successively. The height of the luminous efficiency attracts attention (). [reference 7:D.] F.O'Brien and M.A.Baldo, M.E.Thompson and S. R.Forrest and "Improved energy transfer in electrophosphorescent devices", Applied Physics Letters, vol.74, No.3, and 442-444 () [reference (1999) 8:Tetsuo] TSUTSUI and Moon-Jae YANG, Masayuki YAHIRO and Kenji NAKAMURA and Teruichi WATANABE, Taishi TSUJI and Yoshinori FUKUDA and Takeo WAKIMOTO and Satoshi MIYAGUCHI, "High

Quantum Efficiency in Organic Light-Emitting Devices with Iridium-Complex as a Triplet Emissive Center", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.38, and L1502-L1504 (1999).

[0046] By reference 7, the metal complex which uses iridium as a central metal for the metal complex which uses platinum as a central metal by reference 8 is used. The organic light emitting device (it is hereafter described as a "triplet light emitting device") which can change such triplet excitation energy into luminescence can attain high brightness luminescence and high luminous efficiency conventionally.

[0047] However, according to the example of a report of reference 8, the half-life of the brightness at the time of setting initial brightness as 500 cd/m² is about 170 hours, and a problem is in a component life. Then, in addition to high brightness luminescence and high luminous efficiency by luminescence from a triplet excitation state, the very highly efficient light emitting device also of the life of a component of being long becomes possible by applying this invention to a triplet light emitting device.

[0048] therefore, the number of interfaces shall be decreased by making a carrier transporting bed and a luminous layer into a mixing layer, as stated above (or an energy barrier is eased -- making), and what was applied to the triplet light emitting device shall include the concept of this invention of making migration of a carrier into lubrication in this invention

[0049] By the way, this invention person considers two devices which are described below as a model with which migration of a carrier is barred by formation of an organic interface.

[0050] What is produced from the mol follow G of an organic interface can be first considered as one device. The organic compound layer in an organic light emitting device is usually the film of an amorphous condition, and this is formed when the molecules of an organic compound condense by the intermolecular force mainly concerned with the dipole interaction. However, if hetero structure (laminated structure) is formed using the floc of such a molecule, the difference

in the size of a molecule or a configuration may have big effect on the interface (namely, organic interface) of hetero structure.

[0051] When the size of a molecule forms hetero structure especially using a greatly different ingredient, it is thought that the consistency of the junction in the organic interface worsens. The conceptual diagram is shown in drawing 21 . In drawing 21 , the laminating of the first layer 2111 which consists of a small molecule 2101, and the second layer 2112 which consists of a large molecule 2102 is carried out. In this case, the field 2114 where consistency is bad will occur in the organic interface 2113 formed.

[0052] Since the field 2114 where the consistency shown by drawing 21 is bad may serve as barrier (or energy barrier) which bars migration of a carrier, becoming a failure towards the further reduction of driver voltage is suggested. Moreover, the carrier which cannot exceed an energy barrier may be accumulated as charge, and may carry out induction of the lowering of brightness which was described previously.

[0053] What is produced from the process (that is, an organic interface is formed) which forms a laminated structure as another device can be considered. The organic light emitting device of a laminated structure is usually produced using the vacuum evaporatio~~no~~ equipment of a multi chamber method (in-line method) as shown in drawing 22 , in order to avoid the contamination at the time of forming each class from a viewpoint of blocking of a carrier, and functional separation.

[0054] The example shown in drawing 22 is the conceptual diagram of the vacuum evaporatio~~no~~ equipment for forming three layer systems (it being terrorism structure to double) of an electron hole transporting bed, a luminous layer, and an electron transport layer. First, an anode plate front face is cleaned by carrying in to a carrying-in room the substrate which has anode plates (indium stannic acid ghost (it is hereafter described as "ITO") etc.), and irradiating ultraviolet rays in a vacuum ambient atmosphere at a UV irradiation room first. When especially an anode plate is an oxide like ITO, oxidation treatment is

performed at a pretreatment room. Furthermore, in order to form each class of a laminated structure, a luminous layer (drawing 22 red, green, three blue colors) is formed at the vacuum evaporationo rooms 2202-2204, an electron transport layer is formed for an electron hole transporting bed at the vacuum evaporationo room 2205 at the vacuum evaporationo room 2201, and cathode is vapor-deposited at the vacuum evaporationo room 2206. Finally, it closes at a closure room, it takes out from a taking-out room, and an organic light emitting device is obtained.

[0055] It is having vapor-deposited vacuum evaporationo of each class at vacuum evaporationo rooms 2201-2205 different, respectively as a feature of the vacuum evaporationo equipment of such an in-line method. That is, it is the equipment configuration which the ingredient of each class does not almost mix mutually.

[0056] However, although the interior of vacuum evaporationo equipment is usually decompressed by about 10^{-4} to 10^{-5} pascals, the gas components (oxygen, water, etc.) of ultralow volume exist. And in the case of the degree of vacuum of this level, also of the gas component of these ultralow volume, if it is also several seconds, it is said that the adsorption layer of single molecule layer extent will be formed easily.

[0057] Therefore, when producing the organic light emitting device of a laminated structure using equipment like drawing 22 , while forming each class, it is a problem that a big interval arises. That is, an interval while forming each class, in case it conveys via the second conveyance room especially, there is concern which forms the adsorption layer (it is hereafter described as an "impurity layer") by the gas component of ultralow volume.

[0058] The conceptual diagram is shown in drawing 23 . In case drawing 23 carries out the laminating of the first layer 2311 which consists of the first organic compound 2301, and the second layer 2312 which consists of the second organic compound 2302, the impurity layer 2313 which consists of impurities 2303 of a minute amount (water, oxygen, etc.) seems to be formed between the

layer.

[0059] Thus, after completion of an organic light emitting device, since the impurity layer formed between each class (namely, organic interface) serves as an impurity range which carries out the trap of the carrier and bars migration of a carrier, it will raise driver voltage too. Furthermore, since charge will be accumulated there when the impurity range which carries out the trap of the carrier exists, induction of the lowering of brightness which was described previously may be carried out.

[0060] If it thinks from such a device, in order to conquer the trouble (mol follow G aggravation of an organic interface, and formation of an impurity layer) produced in an organic interface which was described above, component structure and a making process need to escape from the conventional laminating constituent child. For example, only the monolayer which mixed the electron hole transport ingredient and the electronic transport ingredient as an example of the organic light emitting device which eliminated the organic interface thoroughly (It is hereafter described as "a mixed monolayer") there is a report of the organic light emitting device prepared between two electrodes (Hiroshi ONNAGAWA and Kazuo MIYASHITA [Shigeki NAKA, Kazuhisa SHINNO, Hiroyuki OKADA and] reference 9: --) "Organic Electroluminescent Devices Using a Mixed Single Layer", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.33, No.12B, L1772-L1774 (1994).

[0061] By reference 9, monolayer structure is formed by mixing the 4 and 4'-screw [N-(3-methylphenyl)-N-phenyl-amino]-biphenyl (it being hereafter described as "TPD") which is electron hole transportability, and Alq3 which is electronic transportability at a rate of 1:4. However, if the comparison with a laminated structure (namely, hetero structure which forms the organic interface which consists of TPD and Alq3) is carried out, it is shown by the point of luminous efficiency that it is inferior compared with a laminated structure.

[0062] In the case of a mixed monolayer, as the cause, it thinks for the electron poured in from the electron hole and cathode which were poured in from the

anode plate to fall out more often to a counter electrode as it is, without recombining. Since a laminated structure has the blocking function of a carrier, such a problem has not been produced.

[0063] In the mixed monolayer of reference 9, that the functional manifestation is not performed can put this in another way as a cause. That is, the function of electron hole transport is shown, the field near cathode shows the function of electronic transport, and if the field near an anode plate does not prepare the field which can discover each function of establishing a luminescence field (namely, field which a carrier recombines) in the part which is separated from two electrodes, even if it abolishes an organic interface, it will not result in efficient luminescence [in an organic compound layer]. Moreover, since all the inside of an organic compound layer functions as a luminous layer, recombination of a carrier may be performed near the electrode in practice, and energy transfer may be carried out to an electrode material, and it may quench.

[0064] thus, the time of especially this invention person forming the bipolar nature mixing layer in drawing 4 as a luminescence field in consideration of the ability not demonstrating engine performance sufficient in a mixed monolayer -- an organic interface -- eliminating -- in addition -- and the technique of differing in reference 7 and realizing the organic light emitting device in which a functional manifestation is possible was devised. The conceptual diagram is shown in drawing 24 .

[0065] In drawing 24 , the electron hole transportation zone 2405 which consists of an electron hole transport ingredient, the electronic transportation zone 2406 which consists of an electronic transport ingredient, and the mixing zone 2407 where the electron hole transport ingredient and the electronic transport ingredient were mixed are formed in the organic compound layer 2403 which consists of two kinds, an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient. Although the anode plate 2402 is formed on the substrate 2401 here, it is very good in the structure of reverse of forming the cathode 2404 on a substrate. In addition, since clear layer systems, such as an electron hole

transporting bed, are not formed in the case of such a component, the expression the "field" which shows each function is used.

[0066] When such a component is formed, in an anode plate side, an electron hole transport ingredient can carry out reception transport of the electron hole, and, on the other hand, an electronic transport ingredient can carry out reception transport of the electron by the cathode side. Furthermore, since a mixing zone 2407 is bipolar nature, as for an electron hole and an electron, both sides can move in a mixing zone 2407, and in this mixing zone 2407, a carrier is recombined and results in luminescence. That is, unlike the mixed monolayer of reference 9, the field which can discover each function will exist in the organic compound layer 2403.

[0067] furthermore -- while enabling a functional manifestation in the case of a component like drawing 24 -- in addition -- and an organic interface like the conventional laminated structure does not exist. Therefore, the trouble (mol follow G aggravation of an organic interface and formation of an impurity layer) produced in an above-mentioned organic interface is solvable. In addition, the mixing zone which results in luminescence can also prevent quenching by carrying out energy transfer to an electrode by separating from two electrodes.

[0068] First, solution of an organic interface of mol follow G aggravation is explained using drawing 25 . the field 2511 which consists of a molecule 2501 with small drawing 25 , the field 2512 which consists of a large molecule 2502, and the mixing zone 2513 containing both the small molecule 2501 and the large molecule 2502 -- since -- it is the becoming organic light emitting device which is represented by drawing 24 . The organic interface 2113 which existed by drawing 21 does not exist, and the field 2114 where consistency is bad does not exist, either, so that clearly from drawing 25 .

[0069] moreover, this is simple although it is solution of formation of an impurity layer -- it is clear. What is necessary is to form a mixing zone on an anode plate by vapor-depositing an electron hole transport ingredient and vapor-depositing an electronic transport ingredient in the form of vapor codeposition from the

middle in addition to it, and just to vapor-deposit an electronic transport ingredient by stopping vacuum evaporation of an electron hole transport ingredient, after forming a mixing zone when producing an organic light emitting device like drawing 24 . Therefore, the interval produced in case an organic light emitting device is produced using vacuum evaporation equipment like drawing 22 does not exist. That is, the spare time which forms an impurity layer is not given.

[0070] Thus, in order that the organic light emitting device of this invention may not form an organic interface, its migration of a carrier is lubricous and having an adverse effect of it on the life of driver voltage and a component is lost.

Furthermore, since functional separation is carried out like the laminated structure, it is satisfactory also in respect of luminous efficiency.

[0071] Moreover, it can be said to the conventional laminated structure being mere junction (hetero-junction) between dissimilar material that the structure of this invention is mixed junction (mixed-junction) so to speak, and is an organic light emitting device based on a new concept.

[0072] In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device therefore, the organic compound layer prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode in this invention -- since -- said organic compound layer The electron hole transportation zone which consists of a high electron hole transport ingredient of hole mobility rather than electron mobility, Said electron hole transportation zone is located [in addition] in said anode plate side rather than said electronic transportation zone, including the electronic transportation zone which consists of a high electronic transport ingredient of electron mobility rather than hole mobility. And between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones It is characterized by preparing the mixing zone containing both said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient.

[0073] In addition, in drawing 24 , the hole-injection field which consists of an ingredient (it is hereafter described as a "hole-injection ingredient") which raises

the impregnation nature of an electron hole between an anode plate and an organic compound layer may be inserted. Moreover, the electron injection field which consists of an ingredient (it is hereafter described as an "electron injection ingredient") which raises electronic impregnation nature between cathode and an organic compound layer may be inserted. Furthermore, you may also incorporate both a hole-injection field and an electron injection field.

[0074] In this case, since a hole-injection ingredient or an electron injection ingredient is an ingredient for making small the carrier impregnation obstruction from an electrode to an organic compound layer, it makes lubrication migration of the carrier from an electrode to an organic compound layer, and has the effectiveness which can eliminate are recording of charge. However, it is desirable to form an interval as a dish between a viewpoint to each impregnation ingredient and organic compound layers which avoid formation of an impurity layer which was described previously.

[0075] By the way, the concentration of an electron hole transport ingredient decreases gradually to the direction of [from an anode plate] cathode in the mixing zone containing both an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient, and, as for the concentration of an electronic transport ingredient, it is desirable from a viewpoint of carrier balance control to form a concentration gradient which increases gradually. Moreover, in this invention, since a mixing zone is also a recombination field of a carrier, it is desirable for there to be thickness of 10nm or more.

[0076] Moreover, as shown in drawing 26 (a), in the organic compound layer 2603, the electron hole transportation zone 2605 which consists of an electron hole transport ingredient, the electronic transportation zone 2606 which consists of an electronic transport ingredient, and the mixing zone 2607 where the electron hole transport ingredient and the electronic transport ingredient were mixed are formed, and suppose that the structure which adds the luminescent material 2608 which presents luminescence as a dopant to a mixing zone 2607 further is also included in this invention. In addition, although the anode plate

2602 is formed on the substrate 2601 here, it is very good in the structure of reverse of forming the cathode 2604 on a substrate. Moreover, the hole-injection field and the electron injection field may be prepared between the electrode and the organic compound layer.

[0077] If luminescent material 2608 is doped to a mixing zone 2607, in order that luminescent material 2608 may carry out the trap of the carrier, the rate of recombination improves, and high luminous efficiency can be expected. It can be said to be one of the advantages that the luminescent color is also controllable by luminescent material 2608. However, as for excitation energy [in / in this case / luminescent material 2608], it is desirable that it is the smallest in the compound contained in a mixing zone 2607.

[0078] Moreover, a luminescence field can prevent quenching (it is hereafter described as "quenching") by carrying out energy transfer to an electrode material by if possible separating from two electrodes. Therefore, the field which dopes luminescent material may be not the whole region but the part (especially center section) in a mixing zone.

[0079] Furthermore, as shown in drawing 26 (b), in the organic compound layer 2603, the electron hole transportation zone 2605 which consists of an electron hole transport ingredient, the electronic transportation zone 2606 which consists of an electronic transport ingredient, and the mixing zone 2607 where the electron hole transport ingredient and the electronic transport ingredient were mixed are formed, and suppose further that the structure which adds the blocking ingredient 2609 is also included in this invention to a mixing zone 2607. In addition, although the anode plate 2602 is formed on the substrate 2601 here, it is very good in the structure of reverse of forming the cathode 2604 on a substrate. Moreover, the hole-injection field and the electron injection field may be prepared between the electrode and the organic compound layer.

[0080] If the blocking ingredient 2609 is doped to a mixing zone 2607, since the rate of recombination of the carrier in a mixing zone 2607 improves and diffusion of a molecule exciton can also be prevented, high luminous efficiency is

expectable. However, as for excitation energy level [in / in this case / a blocking ingredient], it is desirable that it is the largest in the ingredient contained in a mixing zone 2607.

[0081] Moreover, since a blocking ingredient has the function which blocks one of the two of an electron hole or an electron in many cases, when it is doped throughout the inside of a mixing zone, the carrier balance in a mixing zone may be lost. Therefore, the field which dopes a blocking ingredient may be not the whole region but the part (especially edge) in a mixing zone.

[0082] In addition, in drawing 26 (b), luminescent material 2608 is also added as a still more desirable example. That is, it is the gestalt merged to drawing 26 (a). If an electron hole blocking ingredient is added to a cathode side like drawing 26 (b) rather than the field which has added luminescent material 2608 when the blocking ingredient 2609 has electron hole blocking nature, luminescent material will emit light efficiently.

[0083] Moreover, in addition to high brightness luminescence and high luminous efficiency by luminescence from a triplet excitation state, the very highly efficient light emitting device that the life of a component is also long compared with reference 8 becomes possible by applying this invention to a triplet light emitting device.

[0084] In addition, as for the molecule exciton of a triplet, it is desirable that the blocking ingredient is contained for diffusion length in the mixing zone since it is large compared with the molecule exciton of a singlet. That is, when it explains using drawing 26 (b), it is desirable to also add the blocking ingredient 2609 simultaneously using the ingredient (for it to be hereafter described as "triplet luminescent material") which can change triplet excitation energy into luminescence as a luminescent material 2608.

[0085] Below, in the gestalt which adds luminescent material as shown by drawing 26 further, it is more suitable for production and the example of a shelf is described. The component structure is shown in drawing 27 .

[0086] With the component of drawing 27 , in the organic compound layer 2703

containing an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient, the electron hole transportation zone 2705 which consists of an electron hole transport ingredient, the electronic transportation zone 2706 which consists of an electronic transport ingredient, and the mixing zone 2707 where the electron hole transport ingredient and the electronic transport ingredient were mixed at a fixed rate have been formed, and the luminescence field has been further formed in the mixing zone 2707 by adding the luminescent material 2708 which presents luminescence. Although the anode plate 2702 is formed on the substrate 2701 here, it is very good in the structure of reverse of forming the cathode 2704 on a substrate.

[0087] In addition, the concentration profile at the time of making the ratio of concentration of the electron hole transport ingredient and electronic transport ingredient in a mixing zone into x:y becomes like drawing 28 .

[0088] When such a component is formed, in an anode plate side, an electron hole transport ingredient can carry out reception transport of the electron hole, and, on the other hand, an electronic transport ingredient can carry out reception transport of the electron by the cathode side. Furthermore, since a mixing zone 2707 is bipolar nature, as for an electron hole and an electron, both sides can move in a mixing zone 2707. Moreover, since the mixing zone 2707 is made into fixed rate x:y, it is easy to produce.

[0089] An important thing is that the luminescence field containing luminescent material is formed in a mixing zone 2707 here. That is, the luminescence field was kept away from the electrode and quenching (it is hereafter described as "quenching") by the electrode is also prevented at the same time it prevents bypassing by adding luminescent material to a mixing zone 2707, without a carrier recombining the inside of a mixing zone.

[0090] In the luminescence equipment containing the becoming organic light emitting device therefore, the organic compound layer prepared between an anode plate, cathode, and said anode plate and said cathode in this invention -- since -- said organic compound layer The electron hole transportation zone

which consists of an electron hole transport ingredient, and the electronic transportation zone which consists of an electronic transport ingredient are included. And between said electron hole transportation zones and said electronic transportation zones the mixing zone which contains said electron hole transport ingredient and said electronic transport ingredient at a fixed rate forms - having -- **** -- in addition -- and it is characterized by preparing the luminescence field where the luminescent material which presents luminescence in said mixing zone was added.

[0091] In addition, as for luminescent material, compared with an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient, it is desirable that excitation energy is small. This is for preventing the energy transfer of a molecule exciton.

[0092] Moreover, in drawing 27 , the hole-injection field which consists of an ingredient (it is hereafter described as a "hole-injection ingredient") which raises the impregnation nature of an electron hole between an anode plate and an organic compound layer may be inserted. Moreover, the electron injection field which consists of an ingredient (it is hereafter described as an "electron injection ingredient") which raises electronic impregnation nature between cathode and an organic compound layer may be inserted. Furthermore, you may also incorporate both a hole-injection field and an electron injection field.

[0093] In this case, since a hole-injection ingredient or an electron injection ingredient is an ingredient for making small the carrier impregnation obstruction from an electrode to an organic compound layer, it makes lubrication migration of the carrier from an electrode to an organic compound layer, and has the effectiveness which can eliminate are recording of charge. However, it is desirable to form an interval as a dish between a viewpoint to each impregnation ingredient and organic compound layers which avoid formation of an impurity layer which was described previously.

[0094] Moreover, in a mixing zone, the recombination section of a carrier is mostly decided by the mixing ratio (the more it becomes bipolar nature, the more

it becomes in the center mostly). therefore, luminescent material -- the whole region in a mixing zone -- you may add (drawing 29 (a)) -- you may add to a part (drawing 29 (b)). In addition, the sign of drawing 27 is quoted in drawing 29 .

[0095] Furthermore, as shown in drawing 30 (a), in the organic compound layer 2703, the electron hole transportation zone 2705 which consists of an electron hole transport ingredient, the electronic transportation zone 2706 which consists of an electronic transport ingredient, and an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient are mixed, and the mixing zone 2707 where luminescent material was also added is formed, and suppose further that the structure which adds the blocking ingredient 2709 is also included in this invention to a mixing zone 2707. In addition, although the anode plate 2702 is formed on the substrate 2701 here, it is very good in the structure of reverse of forming the cathode 2704 on a substrate. Moreover, the hole-injection field and the electron injection field may be prepared between the electrode and the organic compound layer.

[0096] In addition, excitation energy level is the largest in the ingredient contained in a mixing zone 2707, and the blocking ingredient in this case of the ingredient which has the function which prevents diffusion of the function which blocks a carrier, or a molecule exciton is desirable. If the blocking ingredient 2709 is added to a mixing zone 2707, since the rate of recombination of the carrier in a mixing zone 2707 improves and diffusion of a molecule exciton can also be prevented, high luminous efficiency is expectable. However, since a blocking ingredient has the function which blocks one of the two of an electron hole or an electron in many cases, when it is added throughout the inside of a mixing zone, the carrier balance in a mixing zone may be lost. Therefore, let the field which adds a blocking ingredient be the part instead of the whole region in a mixing zone.

[0097] Moreover, HOMO level is low, namely, a blocking ingredient usually has the effective ingredient which can block an electron hole. Therefore, as shown in drawing 30 (b), the technique of adding a blocking ingredient to a cathode side is

more useful than the field which has added luminescent material 2708.

[0098] Furthermore, in addition to high brightness luminescence and high luminous efficiency by luminescence from a triplet excitation state, the very highly efficient light emitting device also of the life of a component of being long becomes possible by applying triplet luminescent material as a luminescent material added in such component structure. In addition, as for the molecule exciton of a triplet, it is desirable that the blocking ingredient is contained for diffusion length in the mixing zone since it is large compared with the molecule exciton of a singlet.

[0099] By the way, since the mixing zone which consists of an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient which were described above needs to be bipolar nature, as for the percentage of the mass of the electron hole transport ingredient to the sum total mass of an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient, in a mixing zone, it is desirable that it is [10% or more] 90 or less %. However, it is thought that this ratio is sharply changed with the combination of an ingredient.

[0100] Moreover, since the mixing zone which consists of an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient includes the luminescence field, i.e., the recombination field of a carrier, the thickness which is extent which exists so that a carrier may not bypass is needed. Therefore, as for said mixing zone, it is desirable for there to be thickness of 10nm or more. moreover, bipolar one -- ** -- considering that resistance of a field is high, 100nm or less is desirable.

[0101] carrying out the above invention -- the former -- driver voltage -- low -- in addition -- and the long luminescence equipment of a life can be offered. furthermore, the thing for which an electric appliance is produced using said luminescence equipment -- the former -- a low power -- it is -- in addition -- and the electric appliance which merit-maintains and is carried out can be offered.

[0102]

[Embodiment of the Invention] Below, the gestalt at the time of carrying out this

invention is described. In addition, although it is good if either an anode plate or the cathode of the organic light emitting device is transparent at least in order to take out luminescence, in the gestalt of this operation, it forms a transparent anode plate on a substrate, and describes it with the component structure which takes out light from an anode plate. In practice, the structure which takes out light from cathode, and the structure which takes out light from a reverse side with a substrate are also applicable.

[0103] First, the gestalt of operation of the organic light emitting device in which the electron hole transportability mixing layer was formed is explained using drawing 5. Drawing 5 showed the structure which carried out the laminating of the electron hole transportability mixing layer 503, a luminous layer 504, an electron transport layer 505, and the cathode 506 on the substrate 501 which has an anode plate 502. In addition, it is possible not to insert a luminous layer 504 but to also make the electron hole transportability mixing layer 503 or an electron transport layer 505 bear luminescence. Both a hole-injection ingredient and an electron hole transport ingredient are mixed, and the electron hole transportability mixing layer 503 is formed.

[0104] In addition, as the electron hole transportability mixing layer 503 was shown in drawing 2, the concentration gradient which consists of a hole-injection ingredient and an electron hole transport ingredient may be formed. In this case, when using an ingredient with high insulation like an aluminum oxide as a hole-injection ingredient, the steep thing (it decreases immediately as it separates from an anode plate) of the concentration gradient of a hole-injection ingredient is desirable.

[0105] Next, the gestalt of operation of the organic light emitting device in which the electronic transportability mixing layer was formed is explained using drawing 6. Drawing 6 showed the structure which carried out the laminating of the electron hole transporting bed 603, a luminous layer 604, the electronic transportability mixing layer 605, and the cathode 606 on the substrate 601 which has an anode plate 602. In addition, it is possible not to insert a luminous layer

604 but to also make the electronic transportability mixing layer 605 or the electron hole transporting bed 603 bear luminescence. Both an electron injection ingredient and an electronic transport ingredient are mixed, and the electronic transportability mixing layer 605 is formed.

[0106] In addition, as the electronic transportability mixing layer 605 was shown in drawing 3 , the concentration gradient which consists of an electron injection ingredient and an electronic transport ingredient may be formed. In this case, when using an ingredient with high insulation like lithium fluoride as an electron injection ingredient, the steep thing (it decreases immediately) of the concentration gradient of an electron injection ingredient is desirable.

[0107] Next, the gestalt of operation of the organic light emitting device in which the bipolar nature mixing layer was formed is explained using drawing 7 .

Drawing 7 showed the structure which carried out the laminating of a hole injection layer 703, the bipolar nature mixing layer 704, an electronic injection layer 705, and the cathode 706 on the substrate 701 which has an anode plate 702. Both an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient are mixed, and the bipolar nature mixing layer 704 is formed.

[0108] In addition, as the bipolar nature mixing layer 704 was shown in drawing 4 , the concentration gradient which consists of an electron hole transport ingredient and an electronic transport ingredient may be formed.

[0109] Moreover, as shown in drawing 24 , a mixing zone 2407, and the electron hole transportation zone 2405 and the electronic transportation zone 2406 may be continuously joined by using the component of the electronic transportation zone 2406 as an electronic transport ingredient contained in a mixing zone 2407, using the component of the electron hole transportation zone 2405 as an electron hole transport ingredient contained in a mixing zone 2407. In this case, with two kinds of compounds (an electron hole transport ingredient and electronic transport ingredient), if it is the former [say / an electron hole transportation zone, a luminescence field, and an electronic transportation zone], there is an advantage which can play the role of three layers. In addition, although drawing

24 does not show, a hole injection layer may be inserted between an anode plate 2402 and the electron hole transportation zone 2405, and an electronic injection layer may be inserted between cathode 2404 and the electronic transportation zone 2406.

[0110] Although formation of an impurity layer can be prevented by carrying out such component structure, the production process which produces an organic light emitting device in this case becomes important. Then, the example for which were suitable is described about the manufacture approach of such component structure.

[0111] The conceptual diagram of vacuum evaporationo equipment is shown in drawing 31 . Although drawing 31 (a) is the plan, it is the single chamber method which installs one vacuum tub 3110 as a vacuum evaporationo room, and has prepared two or more sources of vacuum evaporationo in the vacuum tub. And the ingredient with which various functions, such as a hole-injection ingredient, an electron hole transport ingredient, an electronic transport ingredient, an electron injection ingredient, a blocking ingredient, luminescent material, and a component of cathode, differ is independently contained by said two or more sources of vacuum evaporationo, respectively.

[0112] In the vacuum evaporationo equipment which has such a vacuum evaporationo room, the substrate which has anode plates (ITO etc.) in a carrying-in room is carried in first, and when an anode plate is an oxide like ITO, oxidation treatment is performed at a pretreatment room (in addition, although not illustrated in drawing 31 (a), in order to clean an anode plate front face, it is also possible to install a UV irradiation room). Furthermore, all the ingredients that form an organic light emitting device are vapor-deposited in the vacuum tub 3110. However, cathode may be formed within this vacuum tub 3110, may prepare a vacuum evaporationo room independently and may form cathode there. What is necessary is in short, just to vapor-deposit between until it forms cathode within one vacuum tub 3110. Finally, it closes at a closure room, it takes out from a taking-out room via a conveyance room, and an organic light emitting device is

obtained.

[0113] The procedure which produces the organic light emitting device of this invention using the vacuum evaporationo equipment of such a single chamber method is explained using drawing 31 (b) and (the sectional view of the vacuum tub 3110). Drawing 31 (b) shows the process which forms the organic compound layer which consists of an electron hole transport ingredient 3116 and an electronic transport ingredient 3117 using the vacuum tub 3110 which has two sources of vacuum evaporationo (the source a3118 of organic compound vacuum evaporationo, and source b3119 of organic compound vacuum evaporationo) for drawing simplification.

[0114] First, in the vacuum tub 3110, the substrate 3101 which has an anode plate 3102 is carried in, and it fixes in standing ways 3111 (at the time of vacuum evaporationo, a substrate is usually rotated). Next, after decompressing the inside of the vacuum tub 3110 (10 - 4 pascals or less are desirable), a container a3112 is heated, the electron hole transport ingredient 3116 is evaporated, after reaching a predetermined vacuum evaporationo rate (unit : [*/s]), a shutter a3114 is opened, and vacuum evaporationo is started. The container b3113 is also heated closing a shutter b3115 at this time.

[0115] Then, with the shutter a3114 opened, by opening a shutter b3115, vapor codeposition of the electronic transport ingredient 3117 is carried out (condition shown by drawing 31 (b)), and a mixing zone 3104 is formed behind the electron hole transportation zone 3103. By this actuation, an impurity layer does not mix between the electron hole transportation zone 3103 and a mixing zone 3104.

[0116] In order to form an electronic transportation zone furthermore, heating of closing and a container a3112 is ended [a shutter b3115] for a shutter a3114 as [open beam]. Of this actuation, an impurity layer is not formed between a mixing zone 3104 and an electronic transportation zone.

[0117] Furthermore, there is also the technique of making luminescent material dope and emit light to the mixing zone 2607 shown in drawing 26 (a). In this case, the luminescent material which is a dopant needs to have excitation energy lower

than the electron hole transport ingredient and electronic transport ingredient which are contained in a mixing zone 2607.

[0118] Thus, also when doping luminescent material, in order to prevent formation of an impurity layer, the production process which produces an organic light emitting device becomes important. Below, the manufacture approach is described.

[0119] Although drawing 32 (a) is the plan of vacuum evaporatio~~no~~ equipment, it is a single chamber method which installs one vacuum tub 3210 as a vacuum evaporatio~~no~~ room, and has prepared two or more sources of vacuum evaporatio~~no~~ in the vacuum tub. And the ingredient with which various functions, such as a hole-injection ingredient, an electron hole transport ingredient, an electronic transport ingredient, an electron injection ingredient, a blocking ingredient, luminescent material, and a component of cathode, differ is independently contained by said two or more sources of vacuum evaporatio~~no~~, respectively.

[0120] In the vacuum evaporatio~~no~~ equipment which has such a vacuum evaporatio~~no~~ room, the substrate which has anode plates (ITO etc.) in a carrying-in room is carried in first, and when an anode plate is an oxide like ITO, oxidation treatment is performed at a pretreatment room (in addition, although not illustrated in drawing 32 (a), in order to clean an anode plate front face, it is also possible to install a UV irradiation room). Furthermore, all the ingredients that form an organic light emitting device are vapor-deposited in the vacuum tub 3210. However, cathode may be formed within this vacuum tub 3210, may prepare a vacuum evaporatio~~no~~ room independently and may form cathode there. What is necessary is in short, just to vapor-deposit between until it forms cathode within one vacuum tub 3210. Finally, it closes at a closure room, it takes out from a taking-out room via a conveyance room, and an organic light emitting device is obtained.

[0121] The procedure which produces the organic light emitting device of this invention using the vacuum evaporatio~~no~~ equipment of such a single chamber

method is explained using drawing 32 (b) and (the sectional view of the vacuum tub 3210). Drawing 32 (b) shows the process which forms the organic compound layer which contains the electron hole transport ingredient 3221, the electronic transport ingredient 3222, and luminescent material 3223 as easiest example using the vacuum tub 3210 which has three sources of vacuum evaporation (the source a3216 of organic compound vacuum evaporation, the source b3217 of organic compound vacuum evaporation, and source c3218 of organic compound vacuum evaporation).

[0122] First, in the vacuum tub 3210, the substrate 3201 which has an anode plate 3202 is carried in, and it fixes in standing ways 3211 (at the time of vacuum evaporation, a substrate is usually rotated). Next, after decompressing the inside of the vacuum tub 3210 (10 - 4 pascals or less are desirable), a container a3212 is heated, the electron hole transport ingredient 3221 is evaporated, after reaching a predetermined vacuum evaporation rate (unit : [nm/s]), a shutter a3214 is opened, and vacuum evaporation is started. The container b3213 is also heated closing a shutter b3215 at this time.

[0123] Then, with the shutter a3214 opened, by opening a shutter b3215, vapor codeposition of the electronic transport ingredient 3222 is carried out, and a mixing zone 3204 is formed behind the electron hole transportation zone 3203. By this actuation, an impurity layer does not mix between the electron hole transportation zone 3203 and a mixing zone 3204. Here, the luminescent material 3223 of a minute amount is also added on the way in the case of this mixing zone 904 formation (condition shown by drawing 32 (b)).

[0124] In order to form an electronic transportation zone furthermore, heating of closing and a container a3212 is ended [a shutter b3215] for a shutter a3214 as [open beam]. Of this actuation, an impurity layer is not formed between a mixing zone 3204 and an electronic transportation zone.

[0125] If this approach is applied, all the organic light emitting devices stated by The means for solving a technical problem are producible. For example, what is necessary is to install the source of vacuum evaporation for vapor-depositing

the blocking ingredient in drawing 32 (b), and just to make it evaporate during formation of a mixing zone, when adding a blocking ingredient to a mixing zone 3204.

[0126] Moreover, what is necessary is just to install the source of vacuum evaporation of each impregnation ingredient in the same vacuum tub 3210, even when forming a hole-injection field or an electron injection field. For example, in drawing 32 (b), when preparing a hole-injection field by vacuum evaporation between an anode plate 3202 and the electron hole transportation zone 3203, after vapor-depositing a hole-injection ingredient on an anode plate 3202, formation of an impurity layer can be avoided because an interval evaporates the electron hole transport ingredient 3221 immediately as a dish.

[0127] In addition, since a concentration gradient can also be formed in the mixing zone described above, reference is made about the example of the formation technique of a concentration gradient here. Here, the case where membranes can be formed with the vacuum deposition by resistance heating is described. When correlation with the evaporating temperature of an ingredient and a vacuum evaporation rate (a unit is usually nm/s) can be taken about the formation technique of a concentration gradient, it is also possible to control a vacuum evaporation rate by temperature control. However, especially the thermal conductivity of the organic material usually used in a powder configuration is bad, and the control by temperature tends to produce unevenness. Therefore, it is desirable to carry out by the vacuum evaporation rate control (for it to act as the monitor of the thickness with a quartz resonator) which prepared for the respectively different source of vacuum evaporation two kinds of ingredients which form a concentration gradient, and used the shutter. The gestalt is shown in drawing 11.

[0128] Drawing 11 explains the formation technique of a concentration gradient for the component structure shown by drawing 24 to an example. Therefore, the sign used by drawing 24 is quoted in drawing 11. First, in the membrane formation room 1110, the substrate 1101 which has an anode plate 1102 is

carried in, and it fixes in standing ways 1111 (at the time of vacuum evaporation, a substrate is usually rotated).

[0129] Next, the electron hole transportation zone 2405 which consists of an electron hole transport ingredient 1116 is formed by heating the sample room a1112 in which the electron hole transport ingredient 1116 was installed, and opening a shutter a1114. Although the sample room b1113 in which the electronic transport ingredient 1117 was installed is also simultaneously heated at this time, the shutter b1115 is closed.

[0130] The shutter b1115 is gradually opened at the same time it closes a shutter a1114 gradually, after the electron hole transportation zone 2405 reaches predetermined thickness. The concentration gradient of a mixing zone 2407 is formed with the closing motion rate at this time. What is necessary is just to set up the closing motion rate so that a mixing zone 2407 may reach predetermined thickness, and so that the electronic transport ingredient 1117 may reach a predetermined vacuum evaporation rate (rate at the time of vapor-depositing the electronic transportation zone 2406) when a shutter a1114 closes thoroughly. The component which formed the electronic transportation zone 2406 for the shutter b1115 as [open beam] after that, and formed the concentration gradient in the component structure of drawing 24 becomes possible.

[0131] In addition, in component structures other than drawing 24 , this approach can be applied, also when [all] forming a concentration gradient. Moreover, when doping luminescent material to a bipolar nature mixing layer or a mixing zone, only the increase of one and the time zone which dope by carrying out should open the shutter of the source of vacuum evaporation of a dopant in a pan for the source of vacuum evaporation of drawing 11 .

[0132] However, a means to form a concentration gradient is not restricted only to this technique.

[0133] By the way, the gestalt of some operations [like] described in the top can also be compounded and used. For example, it is the technique applied combining an electron hole transportability mixing layer, an electronic

transportability mixing layer, and a bipolar nature mixing layer. The example is shown in drawing 8 .

[0134] The component structure shown in drawing 8 carries out the laminating of the electronic transportability mixing layer 805 which consists of the bipolar nature mixing layer 804, the electronic transport ingredient 813, and the electron injection ingredient 814 which consist of the electron hole transportability mixing layer 803, the electron hole transport ingredient 812, and the electronic transport ingredient 813 which consist of a hole-injection ingredient 811 and an electron hole transport ingredient 812 on the substrate 801 which has an anode plate 802, and the cathode 806.

[0135] In addition, in the gestalt of this operation, the luminescence field 807 which carried out the little dope of the luminescent material 815 is established in the bipolar nature mixing layer 804 interior. Moreover, in each class, the concentration gradient as shown to Graf 810 was formed. In addition, the mimetic diagram of the band diagram expected at the time of forming such a concentration gradient is shown in drawing 19 .

[0136] According to this component structure, if it is the former, four layer systems (drawing 19 (a)) of a hole injection layer, an electron hole transporting bed, an electron transport layer, and an electronic injection layer will be settled in three layer systems (drawing 19 (b)). And the inside of each mixing layer has only a gently-sloping energy barrier, and between each mixing layer, it is continuously joined with the electron hole transport ingredient 812 and the electronic transport ingredient 813, and is advantageous to migration of a carrier as shown in drawing 19 (b).

[0137] Next, the gestalt of operation at the time of applying the component of combining each mixing layer as mentioned above to a triplet light emitting device is explained. Usually, the basic structure of a triplet light emitting device is component structure like drawing 9 as it is shown in reference 8. That is, they are a substrate 901, an anode plate 902, the electron hole transporting bed 903, the luminous layer 904 that dopes triplet luminescent material into a host ingredient,

and is formed in it, the blocking layer 905, an electron transport layer 906, and cathode 907. The blocking layer 905 consists of a blocking ingredient, and the role which prevents diffusion of the molecule exciton generated in the luminous layer 904 is also played at the same time it blocks an electron hole and raises the recombination effectiveness of the carrier in a luminous layer 904. Moreover, it is also the ingredient of electronic transportability.

[0138] Luminous efficiency can be further raised by forming a hole injection layer and an electronic injection layer to the component structure of drawing 9.

However, it is five layer systems as show free to drawing 9, and the number of interfaces will increase further by increasing a layer further upwards. Then, this invention is applied.

[0139] That is, in drawing 9, they are technique, such as making the electron transport layer 906 which makes the electron hole transporting bed 903 the electron hole transportability mixing layer which consists of a hole-injection ingredient and an electron hole transport ingredient and which makes a luminous layer 904 the bipolar nature mixing layer which consists of an electron hole transport ingredient and a host ingredient of a luminous layer into the electronic transportability mixing layer which consists of an electronic transport ingredient and an electron injection ingredient. What is necessary is just to dope triplet luminescent material into the part in which the host ingredient of a luminous layer exists. Moreover, as shown in drawing 2 - drawing 4, it is also effective to form a concentration gradient in each mixing layer.

[0140] In addition, in drawing 9, although used as an independent layer, the blocking layer 905 may be mixed with the host ingredient of a luminous layer, when carrying out this invention (that is, a blocking nature mixing layer may be formed). However, it is desirable to form a concentration gradient so that a blocking ingredient may serve as high concentration from a viewpoint which prevents diffusion of a molecule exciton at a cathode side.

[0141] Based on the above, an example of the gestalt of the operation which applied the component of combining each mixing layer to the triplet light emitting

device is shown in drawing 10 . That is, the laminating of the electronic transportability mixing layer 1006 which consists of the blocking nature mixing layer 1005, the blocking ingredient 1014 (it serves also as the electronic transport ingredient in this case), and the electron injection ingredient 1015 which consist of the bipolar nature mixing layer 1004, the host ingredient 1013, and the blocking ingredient 1014 which consist of the electron hole transportability mixing layer 1003, the electron hole transport ingredient 1012, and the host ingredient 1013 which consist of a hole-injection ingredient 1011 and an electron hole transport ingredient 1012 on the substrate 1001 which has an anode plate 1002, and the cathode 1007 carries out. The concentration gradient as shown to Graf 1010 was formed in each class.

[0142] In addition, since the gestalt of this operation is a triplet light emitting device, the luminescence field 1008 which carried out the little dope of the triplet luminescent material 1016 has been formed. As for the luminescence field 1008, it is desirable to install in the field where the concentration of the host ingredient 1013 is high as shown by drawing 10 . Moreover, the mimetic diagram of the band diagram expected at the time of forming a concentration gradient as shown to Graf 1010 is shown in drawing 20 (b).

[0143] According to this component structure, if it is the former, five layer systems (drawing 20 (a)) of a hole injection layer, an electron hole transporting bed, a luminous layer, a blocking layer (it serves as an electron transport layer), and an electronic injection layer will be settled in four layer systems (drawing 20 (b)). And the inside of each mixing layer has only a gently-sloping energy barrier, and between each mixing layer, it is continuously joined with the electron hole transport ingredient 1012, the host ingredient 1013, and the blocking ingredient 1014 (it serves as the electronic transport ingredient), and is advantageous to migration of a carrier as shown in drawing 20 (b).

[0144] Finally, the suitable ingredients for a hole-injection ingredient, an electron hole transport ingredient, an electronic transport ingredient, an electron injection ingredient, a blocking ingredient, luminescent material, the component of cathode,

etc. are enumerated below. However, the ingredient used for the organic light emitting device of this invention is not limited to these.

[0145] As a hole-injection ingredient, if it is an organic compound, the compound of a porphyrin system is effective and there are a phthalocyanine (abbreviated name; H₂Pc), a copper phthalocyanine (abbreviated name; CuPc), etc. The ingredient which performed chemistry doping is also in a conductive high molecular compound, and the polyethylene dioxythiophene (abbreviated-name-EDOT) which doped polystyrene sulfonate (abbreviated-name-SS), the poly aniline (abbreviated-name ;P Ani.), a polyvinyl carbazole (abbreviated-name ;P VK.), etc. are mentioned. Moreover, the high molecular compound of an insulator is also effective in respect of flattening of an anode plate, and polyimide (abbreviated-name-I) is used well. Furthermore, an inorganic compound is also used and there is a super-thin film of an aluminum oxide (alumina) besides metal thin films, such as gold and platinum, etc.

[0146] The compound of an aromatic amine system (namely, thing which has association of benzene ring-nitrogen) is used most widely as an electron hole transport ingredient. The 4 and 4'-screw [N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]-biphenyl (abbreviated name; alpha-NPD) which is its derivative besides TPD described previously as an ingredient used widely, 4, 4', a 4''-tris (N and N-diphenylamino)-triphenylamine (abbreviated name; TDATA), Starburst mold aromatic amine compounds, such as 4, 4', and a 4''-tris [N-(3-methylphenyl)-N-phenyl-amino]-triphenylamine (abbreviated name; MTDATA), are mentioned.

[0147] Others [Alq /3 / which the metal complex was well used and was previously described as an electronic transport ingredient], Tris (4-methyl-8-quinolinolato) aluminum (abbreviated name; aluminum (mq3)), The metal complex which has a quinoline frame or benzoquinoline frames, such as bis(10-hydroxy [benzoh]-kino RINATO) beryllium (abbreviated name; Be₂ (Bq)), Screw which is a mixed ligand complex (2-methyl-8-quinolinolato) -(4-phenyl phenolate)- There is aluminum (abbreviated name; BAq) etc. Moreover, there is also a metal complex which has oxazole systems, such as bis[2-(2-

hydroxyphenyl)-benzo[OKISAZORATO] zinc (abbreviated name; Zn₂ (BOX)) and bis[2-(2-hydroxyphenyl)-benzothia ZORATO] zinc (abbreviated name; Zn₂ (BTZ)), and a thiazole system ligand. furthermore, except for a metal complex -- 2-(4-biphenyl)-5-(4-tert-butylphenyl)- 1, 3, and 4-oxadiazole (abbreviated-name-BD) -- 1 and 3-screw [-- 5-(p-tert-butylphenyl)- oxadiazole derivatives, such as 1, 3, and 4-oxadiazole-2-IRU] benzene (abbreviated name; OXD-7), -- 5-(4-biphenyl)-3-(4-tert-butylphenyl)-4-phenyl - 1, 2, 4-triazole (abbreviated name; TAZ), 5-(4-biphenyl)-3-(4-tert-butylphenyl)-4-(4-ethyl phenyl)- triazole derivatives, such as 1, 2, and 4-triazole (abbreviated name; p-EtTAZ), -- Phenanthroline derivatives, such as bathophenanthroline (abbreviated name; BPhen) BASOKYU pro in (it is described as abbreviated-name;BCP"), have electronic transportability.

[0148] As an electron injection ingredient, the electronic transport ingredient described in the top can be used. In addition, the super-thin film of an insulator like alkali-metal halogenides, such as lithium fluoride, and alkali-metal oxides, such as lithium oxide, is used well. Moreover, alkali-metal complexes, such as lithium acetylacetonate (abbreviated name; Li (acac)) and a 8-quinolinolato-lithium (abbreviated name; Liq), are also effective.

[0149] As a blocking ingredient, since BAq described in the top, OXD-7, TAZ, p-EtTAZ, BPhen, BCP, etc. have high excitation energy level, they are effective.

[0150] luminescent material (what is used as a dopant is included) -- ***** -- previously -- having stated -- Alq -- three -- aluminum -- (-- mq --) -- three -- Be -- (-- Bq --) -- two -- BAq -- Zn (BOX) -- two -- Zn (BTZ) -- two -- etc. -- a metal complex -- others -- various kinds -- a fluorochrome -- being effective . Moreover, triplet luminescent material is also possible and the complex which uses platinum or iridium as a central metal is a subject. As a triplet luminescent material, tris (2-phenyl pyridine) iridium (abbreviated name; Ir₃ (ppy)), 2, 3, 7, 8, 12, 13 and 17, 18-OKUTA ethyl-21H, and 23H-porphyrin-platinum (abbreviated-name-tOEP) etc. is known.

[0151] The life of a component can produce an organic long light emitting device

to the top where driver voltage is lower than before by combining respectively the ingredient which has each function which was described above, and applying it to the organic light emitting device of this invention.

[0152]

[Example] In [example 1] this example, the component which applied the electron hole transportability mixing layer as shown by drawing 5 in the gestalt of implementation of invention is illustrated concretely.

[0153] First, on a glass substrate 501, by sputtering, about 100nm forms membranes and let an indium stannic acid ghost (it is hereafter described as "ITO") be an anode plate 502. Next, the electron hole transportability mixing layer 503 is formed by carrying out vapor codeposition of CuPc which is a hole-injection ingredient, and alpha-NPD which is an electron hole transport ingredient by the vacuum evaporation rate ratio of 1:1. Thickness may be 50nm.

[0154] further -- as a luminous layer 504 -- Alq3 -- rubrene -- 5wt(s)% -- 10nm laminating of the doped layer is carried out. Finally, the organic light emitting device of yellow luminescence originating in rubrene is producible by forming Alq3 as an electron transport layer 505, and forming about 150nm (Li being 0.5wt(s)% at a mass ratio) of aluminum:Li alloys as 40nm and cathode 506.

[0155] In [example 2] this example, the component which applied the electronic transportability mixing layer as shown by drawing 6 in the gestalt of implementation of invention is illustrated concretely.

[0156] First, on a glass substrate 601, by sputtering, about 100nm forms membranes and let ITO be an anode plate 602. Next, the electron hole transporting bed 603 is formed by forming 50nm of alpha-NPD which is an electron hole transport ingredient.

[0157] Furthermore, after carrying out 10nm laminating of the perylene as a luminous layer 604, the electronic transportability mixing layer 605 is formed by carrying out vapor codeposition of Alq3 which is an electron injection ingredient to BPhen which is an electronic transport ingredient by the vacuum evaporation rate ratio of 1:1. Thickness may be 40nm. Finally, the organic light emitting

device of blue luminescence originating in perylene is producible by forming about 150nm (Li being 0.5wt(s)% at a weight ratio) of aluminum:Li alloys as cathode 606.

[0158] In [example 3] this example, the organic light emitting device which inserted the hole-injection field which consists of a hole-injection ingredient between an anode plate 2402 and the organic compound layer 2403 is concretely illustrated in the organic light emitting device shown by drawing 24 .

[0159] First, about 100nm of ITO(s) is formed by sputtering, and the glass substrate 2401 in which the anode plate 2402 was formed is prepared. It carries in in a vacuum tub as showed the glass substrate 2401 which has this anode plate 2402 in drawing 31 . In this example, in order to vapor-deposit four kinds of ingredients (metal with which three kinds are organic compounds and one kind becomes cathode), four sources of vacuum evaporatio no are needed.

[0160] First, although 20nm of CuPc(s) which are a hole-injection ingredient is vapor-deposited, vacuum evaporatio no of alpha-NPD which is an electron hole transport ingredient about an interval at a dish is started at a 0.3nm [/s] vacuum evaporatio no rate at the same time it amounts to 20nm and finishes vacuum evaporatio no of CuPc. The reason for not setting an interval is for preventing formation of an impurity layer, as stated previously.

[0161] After forming 30nm of electron hole transportation zones 2405 which consist only of alpha-NPD, the vacuum evaporatio no rate of alpha-NPD also starts vacuum evaporatio no of Alq3 which is an electronic transport ingredient in 0.3 nm/s, fixed to 0.3 nm/s. Namely, alpha-NPD The mixing zone 2407 where the rate ratio of Alq3 becomes 1:1 will be formed in vapor codeposition.

[0162] After a mixing zone 2407 amounts to 30nm, the direction of alpha-NPD ends vacuum evaporatio no, is continuing vapor-depositing only Alq 3 succeedingly, and forms the electronic transportation zone 2406. Thickness is set to 40nm. Finally, the organic light emitting device of green luminescence originating in Alq3 is obtained by vapor-depositing about 150nm of aluminum:Li alloys as cathode.

[0163] In [example 4] this example, the organic light emitting device which inserted the hole-injection field which consists of a hole-injection ingredient between an anode plate 2702 and the organic compound layer 2703 is concretely illustrated in the organic light emitting device shown by drawing 29 (a).

[0164] First, about 100nm of ITO(s) is formed by sputtering, and the glass substrate 2701 in which the anode plate 2702 was formed is prepared. It carries in in a vacuum tub as showed the glass substrate 2701 which has this anode plate 2702 in drawing 32 . In this example, in order to vapor-deposit five kinds of ingredients (metal with which four kinds are organic compounds and one kind becomes cathode), five sources of vacuum evaporations are needed.

[0165] First, although 20nm of CuPc(s) which are a hole-injection ingredient is vapor-deposited, vacuum evaporation of alpha-NPD which is an electron hole transport ingredient about an interval at a dish is started at a 0.3nm [s] vacuum evaporation rate at the same time it amounts to 20nm and finishes vacuum evaporation of CuPc. The reason for not setting an interval is for preventing formation of an impurity layer, as stated previously.

[0166] After forming 30nm of electron hole transportation zones 2705 which consist only of alpha-NPD, the vacuum evaporation rate of alpha-NPD also starts vacuum evaporation of Alq3 which is an electronic transport ingredient in 0.3 nm/s, fixed to 0.3 nm/s. Namely, alpha-NPD The mixing zone 2707 where the rate ratio of Alq3 becomes 1:1 will be formed in vapor codeposition.

Simultaneously, the 4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(p-dimethylaminostyryl)-4H-pyran (abbreviated name; DCM) which is a fluorochrome is added as a luminescent material 2708. A rate is made into a weight ratio and controls a vacuum evaporation rate to be set to Alq3:DCM=50:1.

[0167] After a mixing zone 2707 amounts to 30nm, alpha-NPD and DCM end vacuum evaporation, are continuing vapor-depositing only Alq 3 succeedingly, and form the electronic transportation zone 2706. Thickness is set to 40nm. Finally, the organic light emitting device of red luminescence originating in DCM is obtained by vapor-depositing about 150nm of aluminum:Li alloys as cathode.

[0168] In [example 5] this example, the organic light emitting device shown by drawing 29 (b) is illustrated concretely.

[0169] First, about 100nm of ITO(s) is formed by sputtering, and the glass substrate 2701 in which the anode plate 2702 was formed is prepared. It carries in in a vacuum tub as showed the glass substrate 2701 which has this anode plate 2702 in drawing 32 . In this example, in order to vapor-deposit four kinds of ingredients (metal with which three kinds are organic compounds and one kind becomes cathode), four sources of vacuum evaporatio~~no~~ are needed.

[0170] First, after forming 40nm of electron hole transportation zones 2705 which consist only of alpha-NPD which is an electron hole transport ingredient, the vacuum evaporatio~~no~~ rate of alpha-NPD also starts vacuum evaporatio~~no~~ of Alq3 which is an electronic transport ingredient in 0.3 nm/s, fixed to 0.3 nm/s. Namely, alpha-NPD The mixing zone 2707 where the rate ratio of Alq3 becomes 1:1 will be formed in vapor codeposition.

[0171] the 4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(p-dimethylaminostyryl)-4H-pyran (it is hereafter described as "DCM") whose middle 10nm (that is, for 10nm - 20nm among 30nm of mixing zones) in a mixing zone 2707 is a fluorochrome at this time although 30nm of mixing zones 2707 is formed -- as luminescent material 2708 -- about 1 -- it dopes at an about [wt%] rate.

[0172] After a mixing zone amounts to 30nm, the direction of alpha-NPD ends vacuum evaporatio~~no~~, is continuing vapor-depositing only Alq 3 succeedingly, and forms the electronic transportation zone 2706. Thickness is set to 40nm. Finally, the organic light emitting device of red luminescence originating in DCM is obtained by vapor-depositing about 150nm of aluminum:Li alloys as cathode.

[0173] In [example 6] this example, what gave the concentration gradient is concretely illustrated to the component which applied the mixing zone as shown by drawing 26 (a) in the gestalt of implementation of invention. In addition, in order to form a concentration gradient, a component is produced using equipment as shown by drawing 11 . In the case of this example, three kinds of sources of vacuum evaporatio~~no~~, an electron hole transport ingredient, an

electronic transport ingredient, and luminescent material, are needed.

[0174] First, on a glass substrate 2601, by sputtering, about 100nm forms membranes and let ITO be an anode plate 2602. Next, the electron hole transportation zone 2605 is formed by forming 40nm of alpha-NPD which is an electron hole transport ingredient.

[0175] Furthermore, 20nm of mixing zones 2607 which have the concentration gradient which consists of alpha-NPD and Alq3 is formed by opening gradually the shutter of the source of vacuum evaporation of an electronic transport ingredient (Alq3 is used in this example) at the same time it closes gradually the shutter of the source of vacuum evaporation of an electron hole transport ingredient (alpha-NPD), as explained in the gestalt of implementation of invention. At this time, rubrene is doped at an about [abbreviation 5wt%] rate as a luminescent material 2608 to the 10nm field located in the medium with a thickness [of a mixing zone 2607] of 20nm.

[0176] After a mixing zone amounts to 20nm, the electronic transportation zone 2606 which consists of Alq3 in the open beam condition only in the shutter of the source of vacuum evaporation of an electronic transport ingredient (Alq3) is formed. Finally, the organic light emitting device of yellow luminescence originating in rubrene is producible by forming about 150nm (Li being 0.5wt(s)% at a weight ratio) of aluminum:Li alloys as cathode 2604.

[0177] In [example 7] this example, the organic light emitting device which inserted the hole-injection field which consists of a hole-injection ingredient between an anode plate 2602 and the organic compound layer 2603, and inserted the electron injection field which consists of an electron injection ingredient between cathode 2604 and the organic compound layer 2603 is concretely illustrated in the organic light emitting device shown by drawing 26 (b).

[0178] First, about 100nm of ITO(s) is formed by sputtering, and the glass substrate 2601 in which the anode plate 2602 was formed is prepared. It carries in in a vacuum tub as showed the glass substrate 2601 which has this anode plate 2602 in drawing 31 . In this example, in order to vapor-deposit seven kinds

of ingredients (metal with which six kinds are organic compounds and one kind becomes cathode), seven sources of vacuum evaporation are needed.

[0179] First, although 20nm of CuPc(s) which are a hole-injection ingredient is vapor-deposited, vacuum evaporation of TPD which is an electron hole transport ingredient about an interval at a dish is started at the vacuum evaporation rate of 0.2 nm/s at the same time it amounts to 20nm and finishes vacuum evaporation of CuPc. The reason for not setting an interval is for preventing formation of an impurity layer, as stated previously.

[0180] After forming 30nm of electron hole transportation zones 2605 which consist only of TPD, the vacuum evaporation rate of TPD also starts vacuum evaporation of BeBq2 which is an electronic transport ingredient in 0.8 nm/s, fixed to 0.2 nm/s. That is, the mixing zone 2607 where the rate ratio of TPD and BeBq2 becomes 1:4 will be formed in vapor codeposition.

[0181] Although 30nm of mixing zones 2607 is formed, middle 10nm (that is, for 10nm - 20nm among 30nm of mixing zones) in a mixing zone 2607 dopes the rubrene which is a fluorochrome at an about 5 wt(s)% rate as a luminescent material 2608 at this time. Moreover, 10nm (that is, for 20nm - 30nm among 30nm of mixing zones) of the last in a mixing zone 2607 dopes BCP as a blocking ingredient 2609. The vacuum evaporation rate ratio of each ingredient at the time of a BCP dope is set to TPD:BeBq2:BCP=1:4:3.

[0182] After a mixing zone 2607 amounts to 30nm, the direction of TPD and BCP ends vacuum evaporation, is continuing vapor-depositing only BeBq 2 succeedingly, and forms the electronic transportation zone 2606. Thickness is set to 40nm. Vacuum evaporation of Li (acac) which is an electron injection ingredient about an interval at a dish is started, and about 2nm is vapor-deposited at the same time it ends vacuum evaporation of BeBq2. The reason for not setting an interval is for preventing formation of an impurity layer, as stated previously.

[0183] Finally, the organic light emitting device of yellow luminescence originating in rubrene is obtained by vapor-depositing about 150nm of aluminum as cathode.

[0184] In [example 8] this example, the organic light emitting device shown by drawing 30 (b) is illustrated concretely.

[0185] First, about 100nm of ITO(s) is formed by sputtering, and the glass substrate 2701 in which the anode plate 2702 was formed is prepared. It carries in in a vacuum tub as showed the glass substrate 2701 which has this anode plate 2702 in drawing 32 . In this example, in order to vapor-deposit five kinds of ingredients (metal with which four kinds are organic compounds and one kind becomes cathode), five sources of vacuum evaporatio~~no~~ are needed.

[0186] First, after forming 40nm of electron hole transportation zones 2705 which consist only of MTDATA which is an electron hole transport ingredient, the vacuum evaporatio~~no~~ rate of MTDATA also starts vacuum evaporatio~~no~~ of PBD which is an electronic transport ingredient in 0.3 nm/s, fixed to 0.3 nm/s. Namely, MTDATA The mixing zone 2707 where the ratio of PBD becomes 1:1 will be formed in vapor codeposition.

[0187] Although middle 10nm [in / at this time / a mixing zone 2707] (that is, for 10nm - 20nm among 30nm of mixing zones) although 30nm of mixing zones 2707 is formed adds the perylene which is a fluoro~~chrome~~ as a luminescent material 2708, it controls a vacuum evaporatio~~no~~ rate so that that rate is set to MTDATA:PBD:perylene =4:16:1. Moreover, although 10nm (that is, for 20nm - 30nm among 30nm of mixing zones) of the last in a mixing zone 2707 adds BCP as a blocking ingredient 2709, it sets the rate ratio to MTDATA:PBD:BCP=1:4:5.

[0188] After a mixing zone amounts to 30nm, the direction of MTDATA and BCP ends vacuum evaporatio~~no~~, is continuing vapor-depositing only PBD succeeding~~ly~~, and forms the electronic transportation zone 2706. Thickness is set to 40nm. Finally, the organic light emitting device of blue luminescence originating in perylene is obtained by vapor-depositing about 150nm of aluminum:Li alloys as cathode.

[0189] In [example 9] this example, the component which compounded and applied the electron hole transportability mixing layer, the bipolar nature mixing layer, and the electronic transportability mixing layer as shown by drawing 8 in

the gestalt of implementation of invention is illustrated concretely. In addition, in this example, in order to form a concentration gradient (Graf 810 in drawing 8), the source of vacuum evaporation with a shutter as shown by drawing 11 is used like an example 3.

[0190] First, on a glass substrate 801, by sputtering, about 100nm forms membranes and let ITO be an anode plate 802. Next, 40nm of electron hole transportability mixing layers 803 which consist of CuPc which is the hole-injection ingredient 811, and alpha-NPD which is the electron hole transport ingredient 812 is formed. At this time, a concentration gradient like Graf 810 is formed by closing motion of a shutter.

[0191] 20nm of bipolar nature mixing layers 804 which have a concentration gradient is formed by opening gradually the shutter of the source of vacuum evaporation of Alq3 which is the electronic transport ingredient 813 at the same time it closes gradually the shutter of the source of vacuum evaporation of alpha-NPD shortly. At this time, the 10nm field 807 located in the medium with a thickness [of the bipolar nature mixing layer 804] of 20nm dopes the 4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(p-dimethylaminostyryl)-4H-pyran (it is hereafter described as "DCM") which is luminescent material 815 at a 1wt% rate.

[0192] After the bipolar nature mixing layer 804 amounts to 20nm, Alq3 [35nm] is vapor-deposited only for the shutter of Alq3 in the state of an open beam. In the last 5nm field, a total of the 40nm electronic transportability mixing layer 805 is formed by opening gradually the shutter of the source of vacuum evaporation of Li (acac) which is the electron injection ingredient 814 at the same time it closes gradually the shutter of the source of vacuum evaporation of Alq3. That is, the concentration gradient of Li (acac) will be set up steeply (although it is the graphic display whose inclination of the electron injection ingredient 814 is fixed in Graf 810, only the last direction will start rapidly in this example).

[0193] Finally, the organic light emitting device of red luminescence originating in DCM is producible by forming about 150nm of aluminum as cathode 806.

[0194] In [example 10] this example, the example of the organic light emitting

device which inserted the electron injection field which consists of an electron injection ingredient the hole-injection field which consists of a hole-injection ingredient between an anode plate 2702 and the organic compound layer 2703 between cathode 2704 and an organic compound layer, respectively, and applied triplet luminescent material as a luminescent material is concretely illustrated in the organic light emitting device shown by drawing 29 (b). The component structure is shown in drawing 33 .

[0195] First, about 100nm of ITO(s) is formed by sputtering, and the glass substrate in which ITO (anode plate) was formed is prepared. It carries in in a vacuum tub as showed the glass substrate which has this ITO in drawing 32 . In this example, in order to vapor-deposit seven kinds of ingredients (inorganic material with which five kinds are organic compounds and two kinds become cathode), seven sources of vacuum evaporatio no are needed.

[0196] First, although 20nm of CuPc(s) which are a hole-injection ingredient is vapor-deposited, vacuum evaporatio no of alpha-NPD which is an electron hole transport ingredient about an interval at a dish is started at a 0.3nm [/s] vacuum evaporatio no rate at the same time it amounts to 20nm and finishes vacuum evaporatio no of CuPc. The reason for not setting an interval is for preventing formation of an impurity layer, as stated previously.

[0197] After forming 30nm of electron hole transportation zones which consist only of alpha-NPD, the vacuum evaporatio no rate of alpha-NPD also starts vacuum evaporatio no of BAlq which is an electronic transport ingredient in 0.3 nm/s, fixed to 0.3 nm/s. That is, a mixing zone (alpha-NPD+BAlq) where the rate ratio of alpha-NPD and BAlq becomes 1:1 will be formed in vapor codeposition.

[0198] Although 20nm of mixing zones is formed, middle 10nm (that is, for 5nm - 15nm among 20nm of mixing zones) in a mixing zone adds Ir (ppy)₃ which is triplet luminescent material as a luminescent material at this time. The rate is made into a weight ratio and made into BAlq:Ir (ppy)₃ = 50:7.

[0199] After a mixing zone amounts to 20nm, the direction of alpha-NPD and Ir (ppy)₃ ends vacuum evaporatio no, is continuing vapor-depositing only BAlq

succeedingly, and forms an electronic transportation zone. Thickness is set to 20nm. Vacuum evaporation of Alq₃ which is an electron injection ingredient about an interval at a dish is started, and about 30nm is vapor-deposited at the same time it ends vacuum evaporation of BAq. The reason for not setting an interval is for preventing formation of an impurity layer, as stated previously.

[0200] Finally, by vapor-depositing about 1nm and about 150nm of aluminum for LiF, cathode is formed and the triplet light emitting device of green luminescence originating in Ir (ppy)₃ is obtained.

[0201] In [example 11] this example, the component which applied this invention to the triplet light emitting device as shown by drawing 9 in the gestalt of implementation of invention is illustrated concretely. The component structure is shown in drawing 10. In addition, in this example, in order to form a concentration gradient (Graf 1010 in drawing 10), the source of vacuum evaporation with a shutter as shown by drawing 11 is used.

[0202] First, on a glass substrate 1001, by sputtering, about 100nm forms membranes and let ITO be an anode plate 1002. Next, 40nm of electron hole transportability mixing layers 1003 which consist of CuPc which is the hole-injection ingredient 1011, and alpha-NPD which is the electron hole transport ingredient 1012 is formed. At this time, a concentration gradient like Graf 1010 is formed by closing motion of a shutter.

[0203] Then, 20nm of bipolar nature mixing layers 1004 which have the concentration gradient which consists of alpha-NPD and CBP is formed by raising the vacuum evaporation rate of 4 which is the host ingredient 1013 of triplet luminescent material, and a 4'-N and N'-dicarbazole-biphenyl (it is hereafter described as "CBP"), decreasing the vacuum evaporation rate of alpha-NPD gradually. The blocking nature mixing layer 1005 which has the concentration gradient which consists of CBP and BCP is formed by raising the vacuum evaporation rate of BCP which is the blocking ingredient 1014, decreasing the vacuum evaporation rate of CBP shortly. Thickness may be 10nm.

[0204] This example dopes the tris (2-phenyl pyridine) iridium (it is hereafter described as "Ir (ppy)₃") which is the triplet luminescent material 1016, while forming the bipolar nature mixing layer 1004 and the blocking nature mixing layer 1005, since it is a triplet light emitting device. The field where the concentration of CBP the dope field 1008 of whose is a host ingredient is high, i.e., near the boundary of the bipolar nature mixing layer 1004 and the blocking nature mixing layer 1005, is most suitable. this example -- **5nm of said boundary, and a total of 10nm -- the dope field 1008 -- carrying out -- 6wt% -- it dopes.

[0205] Furthermore, the electronic transportability mixing layer 1006 consists of BCP and Alq₃ with high electronic transport capacity. The concentration of BCP becomes small as it separates from an anode plate, and the concentration of Alq₃ forms a concentration gradient so that it may become large at reverse. That is, in this case, BCP plays a blocking ingredient and an electronic transport ingredient, and Alq₃ has played the role of the electron injection ingredient 1015. The thickness of the electronic transportability mixing layer 1006 may be 40nm.

[0206] Finally, the organic light emitting device which presents green triplet luminescence originating in Ir(ppy)₃ is producible by forming about 150nm (Li being 0.5wt(s)% at a weight ratio) of aluminum:Li alloys as cathode 1007.

[0207] [Example 12] this example explains the luminescence equipment containing the organic light emitting device indicated by this invention. Drawing 12 (a) is the sectional view of the active-matrix mold luminescence equipment which used the organic light emitting device of this invention. In addition, an MOS transistor may be used although the thin film transistor (it is hereafter described as "TFT") is used as an active element here.

[0208] Moreover, although the top gate mold TFT (specifically planar mold TFT) is illustrated as TFT, the bottom product gate mold TFT (typically reverse stagger mold TFT) can also be used.

[0209] In drawing 12 (a), 1201 is a substrate and uses the substrate which penetrates the light here. What is necessary is just to specifically use a glass substrate, a quartz substrate, a crystallization glass substrate, or a plastic plate

(for a plastic film to be included). In addition, the insulator layer prepared in the front face shall also be included in a substrate 1201.

[0210] On the substrate 1201, the picture element part 1211 and the actuation circuit 1212 are formed. First, a picture element part 1211 is explained.

[0211] A picture element part 1211 is a field which performs image display. Two or more pixels exist on a substrate, and TFT(it is hereafter described as "the current control TFT") 1202, the pixel electrode (anode plate) 1203, the organic compound layer 1204, and cathode 1205 for controlling the current which flows to an organic light emitting device are established in each pixel. In addition, although only the current control TFT is illustrated in drawing 12 (a), TFT (it is hereafter described as "Switching TFT") for controlling the electrical potential difference which joins the gate of the current control TFT is prepared.

[0212] As for the current control TFT1202, it is desirable to use the p channel mold TFT here. Although considering as the n channel mold TFT is also possible, when connecting the current control TFT to the anode plate of an organic light emitting device like drawing 12 (a), the p channel mold TFT can press down power consumption. However, the n channel mold TFT or the p channel mold TFT may be used for Switching TFT.

[0213] Moreover, the pixel electrode 1203 is electrically connected to the drain of the current control TFT1202. In this example, in order to use the conductive ingredient whose work function is 4.5-5.5eV as an ingredient of the pixel electrode 1203, the pixel electrode 1203 functions as an anode plate of an organic light emitting device. What is necessary is just to use indium oxide, tin oxide, zinc oxides, or these compounds (ITO etc.) typically as a pixel electrode 1203. The organic compound layer 1204 is formed on the pixel electrode 1203.

[0214] Furthermore, cathode 1205 is formed on the organic compound layer 1204. It is desirable to use the conductive ingredient whose work function is 2.5-3.5eV as an ingredient of cathode 1205. What is necessary is just to use typically the electric conduction film containing alkali metals or an alkalinity metallic element, the electric conduction film containing aluminum, or the thing that

carried out the laminating of aluminum, the silver, etc. to the electric conduction film as cathode 1205.

[0215] Moreover, the pixel electrode 1203, the organic compound layer 1204, and the layer that consists of cathode 1205 are covered by the protective coat 1206. The protective coat 1206 is formed in order to protect an organic light emitting device from oxygen and water. As an ingredient of a protective coat 1206, silicon nitride, nitriding oxidation silicon, an aluminum oxide, tantalum oxide, or carbon (specifically diamond-like carbon) is used.

[0216] Next, the actuation circuit 1212 is explained. The actuation circuit 1212 is a field which controls the timing of the signal (a gate signal and data signal) transmitted to a picture element part 1211, and a shift register, the buffer, the latch, the analog switch (transfer gate), or the level shifter is prepared. Drawing 12 (a) shows the CMOS circuit which consists of an n channel mold TFT1207 and a p channel mold TFT1208 as a base unit of these circuits.

[0217] In addition, it is easy to be well-known [the circuitry of a shift register, a buffer, a latch, an analog switch (transfer gate), or a level shifter]. Moreover, although the picture element part 1211 and the actuation circuit 1212 are formed on the same substrate in drawing 12 (a), IC and LSI can also be connected electrically, without forming the actuation circuit 1212.

[0218] Moreover, although the pixel electrode (anode plate) 1203 is electrically connected to the current control TFT1202 in drawing 12 (a), the structure where cathode was connected to the current control TFT can also be taken. In that case, what is necessary is to form a pixel electrode with the same ingredient as cathode 1205, and just to form cathode with the same ingredient as the pixel electrode (anode plate) 1203. In that case, as for the current control TFT, considering as the n channel mold TFT is desirable.

[0219] By the way, although what was produced at the process which forms wiring 1209 is shown after the luminescence equipment shown in drawing 12 (a) forms the pixel electrode 1203, the pixel electrode 1203 may start a surface dry area in this case. Since an organic light emitting device is a component of a

current actuation mold, it is also considered by the surface dry area of the pixel electrode 1203 that a property worsens.

[0220] Then, as shown in drawing 12 (b), after forming wiring 1209, the luminescence equipment which forms the pixel electrode 1203 is also considered. In this case, compared with the structure of drawing 12 (a), it is thought that the impregnation nature of the current from the pixel electrode 1203 improves.

[0221] Moreover, in drawing 12, each pixel currently installed in the picture element part 1211 according to the bank-like structure 1210 of a forward taper mold is separated. The structure where bank-like structure does not touch a pixel electrode can also be taken by making this bank-like structure into structure like for example, an inverse tapered shape mold. The example is shown in drawing 34.

[0222] In drawing 34, wiring and the separation section 3410 which served as the separation section using wiring were prepared. The configuration (structure with a canopy top) of wiring as shown by drawing 34, and the separation section 3410 can be formed by carrying out the laminating of the metal which constitutes wiring, and the ingredient with a dirty rate lower than said metal (for example, metal nitride), and etching them. With this configuration, the pixel electrode 3403, and wiring and cathode 3405 can prevent short-circuiting. In addition, unlike the luminescence equipment of the usual active-matrix mold, in drawing 34, it becomes the structure which makes cathode 3405 on a pixel the shape of a stripe (passive matrix is the same as that of cathode).

[0223] Here, the appearance of the active-matrix mold luminescence equipment shown in drawing 12 (b) is shown in drawing 13. In addition, a plan is shown in drawing 13 (a) and the sectional view when cutting drawing 13 (a) by P-P' is shown in drawing 13 (b). Moreover, the sign of drawing 12 is quoted.

[0224] As for a picture element part and 1302, in drawing 13 (a), 1301 is [a gate signal side actuation circuit and 1303] data signal side actuation circuits. Moreover, the signal transmitted to the gate signal side actuation circuit 1302 and the data signal side actuation circuit 1303 is inputted from the TAB (Tape

Automated Bonding) tape 1305 through the input wiring 1304. In addition, although not illustrated, TCP (Tape Carrier Package) which prepared IC (integrated circuit) may be connected to a TAB tape instead of the TAB tape 1305.

[0225] At this time, 1306 is covering material prepared above the organic light emitting device shown in drawing 12 (b), and is pasted up by the sealant 1307 which consists of resin. As long as the covering material 1306 is construction material which does not penetrate oxygen and water, it may use what kind of thing. In this example, the covering material 1306 consists of carbon films (specifically diamond-like carbon film) 1306b and 1306c prepared in the front face and rear face of plastics material 1306a and said plastics material 1306a, as shown in drawing 13 (b).

[0226] Furthermore, as shown in drawing 13 (b), a sealant 1307 is covered with the sealing agent 1308 which consists of resin, and encloses an organic light emitting device with a closed space 1309 thoroughly. A closed space 1309 should just be filled up with inert gas (typically nitrogen gas and rare gas), resin, or an inactive liquid (for example, liquefied fluorination carbon represented by the perfluoro alkane). Furthermore, it is also effective to form a desiccant and a deoxidant.

[0227] Moreover, a polarizing plate may be prepared in the screen (field which observes an image) of the luminescence equipment shown in this example. This polarizing plate has the effectiveness which prevents a presser foot and a watcher being reflected in the screen in the echo of light which carried out incidence from the outside. Generally, the circular polarization of light plate is used. However, in order to prevent being reflected by the polarizing plate and the light emitted from the organic compound layer returning to the interior, it is desirable to adjust a refractive index and to consider as structure with little internal reflection.

[0228] In addition, any of the organic light emitting device indicated by this invention may be used for the organic light emitting device contained in the

luminescence equipment of this example.

[0229] By [example 13] this example, as an example of the luminescence equipment containing the organic light emitting device indicated by this invention, although active-matrix mold luminescence equipment is illustrated, in an example 12, it differs and the substrate in which the active element is formed shows the luminescence equipment of the structure (it is hereafter described as "upper part outgoing radiation") which takes out light from an opposite hand. The sectional view is shown in drawing 35 .

[0230] In addition, an MOS transistor may be used although the thin film transistor (it is hereafter described as "TFT") is used as an active element here. Moreover, although the top gate mold TFT (specifically planar mold TFT) is illustrated as TFT, the bottom product gate mold TFT (typically reverse stagger mold TFT) can also be used.

[0231] In this example, it is good with the same configuration as an example 12 about the current control TFT3502 formed in the substrate 3501 and the picture element part, and the actuation circuit 3512.

[0232] Although it is the first electrode 3503 connected to the drain of the current control TFT3502, in order to use as an anode plate, in this example, it is desirable to use a conductive ingredient with a larger work function. As the example of representation, metals, such as nickel, palladium, a tungsten, gold, and silver, are mentioned. Although it is desirable in this example not to penetrate light as for the first electrode 3503, it is still more desirable to use the high ingredient of the reflexivity of light in addition to it.

[0233] The organic compound layer 3504 is formed on the first electrode 3503. Furthermore, the second electrode 3505 is formed on the organic compound layer 3504, and it considers as cathode in this example. In that case, it is desirable to use the conductive ingredient whose work function is 2.5-3.5eV as an ingredient of the second electrode 3505. What is necessary is typically, just to use the electric conduction film containing alkali metals or an alkalinity metallic element, the electric conduction film containing aluminum, or the thing that

carried out the laminating of aluminum, the silver, etc. to the electric conduction film. However, since this example is upper part outgoing radiation, it is a major premise that the second electrode 3505 is light transmission nature. Therefore, when using these metals, it is desirable that it is an about 20nm super-thin film. [0234] Moreover, the first electrode 3503, the organic compound layer 3504, and the layer that consists of the second electrode 3505 are covered by the protective coat 3506. The protective coat 3506 is formed in order to protect an organic light emitting device from oxygen and water. In this example, as long as it penetrates light, what kind of thing may be used.

[0235] In addition, although the first electrode (anode plate) 3503 is electrically connected to the current control TFT3502 in drawing 35, the structure where cathode was connected to the current control TFT can also be taken. In that case, what is necessary is to form the first electrode with the ingredient of cathode and just to form the second electrode with the ingredient of an anode plate. As for the current control TFT, at this time, considering as the n channel mold TFT is desirable.

[0236] Furthermore, 3507 is covering material and is pasted up by the sealant 3508 which consists of resin. As long as the covering material 3507 is the construction material which does not penetrate oxygen and water and is construction material which penetrates light, it may use what kind of thing. Glass is used in this example. A closed space 3509 should just be filled up with inert gas (typically nitrogen gas and rare gas), resin, or an inactive liquid (for example, liquefied fluorination carbon represented by the perfluoro alkane). Furthermore, it is also effective to form a desiccant and a deoxidant.

[0237] In addition, the signal transmitted to a gate signal side actuation circuit and a data signal side actuation circuit is inputted from the TAB (Tape Automated Bonding) tape 3514 through the input wiring 3513. In addition, although not illustrated, TCP (Tape Carrier Package) which prepared IC (integrated circuit) may be connected to a TAB tape instead of the TAB tape 3514.

[0238] Moreover, a polarizing plate may be prepared in the screen (field which

observes an image) of the luminescence equipment shown in this example. This polarizing plate has the effectiveness which prevents a presser foot and a watcher being reflected in the screen in the echo of light which carried out incidence from the outside. Generally, the circular polarization of light plate is used. However, in order to prevent being reflected by the polarizing plate and the light emitted from the organic compound layer returning to the interior, it is desirable to adjust a refractive index and to consider as structure with little internal reflection.

[0239] In addition, any of the organic light emitting device indicated by this invention may be used for the organic light emitting device contained in the luminescence equipment of this example.

[Example 14]

[0240] In this example, passive matrix mold luminescence equipment is illustrated as an example of the luminescence equipment containing the organic light emitting device indicated by this invention. The plan is shown in drawing 14 (a), and the sectional view when cutting drawing 14 (a) by P-P' is shown in drawing 14 (b).

[0241] In drawing 14 (a), 1401 is a substrate and uses plastics material here. As plastics material, what carried out polyimide, a polyamide, acrylic resin, an epoxy resin, PES (polyethylene ape file), PC (polycarbonate) and PET (polyethylene terephthalate), or PEN (polyethylenenaphthalate) on tabular or a film can be used.

[0242] 1402 is the scanning line (anode plate) which consists of oxidation electric conduction film, and uses the oxide electric conduction film which added the oxidation gallium to the zinc oxide in this example. Moreover, 1403 is the data line (cathode) which consists of a metal membrane, and uses the bismuth film in this example. Moreover, 1404 is a bank which consists of acrylic resin, and functions as a septum for dividing the data line 1403. Both the scanning line 1402 and the data line 1403 are formed so that two or more formation may be carried out and it may intersect perpendicularly with the shape of a stripe mutually. In

addition, although not illustrated in drawing 14 (a), the organic compound layer is pinched between the scanning line 1402 and the data line 1403, and an intersection 1405 serves as a pixel.

[0243] And the scanning line 1402 and the data line 1403 are connected to an external actuation circuit through the TAB tape 1407. In addition, 1408 expresses the wiring group in which the scanning line 1402 comes to gather, and 1409 expresses the wiring group which consists of a set of the connection wiring 1406 connected to the data line 1403. Moreover, although not illustrated, TCP which prepared IC may be connected to a TAB tape instead of the TAB tape 1407.

[0244] Moreover, in drawing 14 (b), it is the covering material by which 1410 was stuck on the sealant by the sealant 1410 and 1411 was stuck on the plastics material 1401. There is little degasifying and a hygroscopic low ingredient is [that what is necessary is just to use photo-curing resin as a sealant 1410] desirable. The ingredient same as covering material as a substrate 1401 is desirable, and glass (quartz glass is included) or plastics can be used. Here, plastics material is used.

[0245] Next, the enlarged drawing of the structure of a pixel field is shown in drawing 14 (c). 1413 is an organic compound layer. In addition, as shown in drawing 14 (c), lower layer width of face is a narrow configuration from the upper width of face, and bank 1404 can divide the data line 1403 physically. Moreover, the picture element part 1414 surrounded by the sealant 1410 is intercepted from the open air with the sealing agent 1415 which consists of resin, and has structure which prevents degradation of an organic compound layer.

[0246] Since a picture element part 1414 is formed in the scanning line 1402, the data line 1403, bank 1404, and the organic compound layer 1413, the luminescence equipment of this invention which consists of the above configurations is producible in a very easy process.

[0247] Moreover, a polarizing plate may be prepared in the screen (field which observes an image) of the luminescence equipment shown in this example. This polarizing plate has the effectiveness which prevents a presser foot and a

watcher being reflected in the screen in the echo of light which carried out incidence from the outside. Generally, the circular polarization of light plate is used. However, in order to prevent being reflected by the polarizing plate and the light emitted from the organic compound layer returning to the interior, it is desirable to adjust a refractive index and to consider as structure with little internal reflection.

[0248] In addition, any of the organic light emitting device indicated by this invention may be used for the organic light emitting device contained in the luminescence equipment of this example.

[0249] [Example 15] this example shows the example which prepared and carried out the modularization of the printed wired board to the luminescence equipment shown in the example 14.

[0250] The TAB tape 1504 is attached in a substrate 1501 (here, a picture element part 1502, wiring 1503a, and 1503b are included), and, as for the module shown in drawing 15 (a), the printed wired board 1505 is attached through said TAB tape 1504.

[0251] Here, the functional block diagram of a printed wired board 1505 is shown in drawing 15 (b). IC which functions at least as I/O Port (an input or output section) 1506, 1509, the data signal side actuation circuit 1507, and a gate signal side circuit 1508 is prepared in the interior of a printed wired board 1505.

[0252] Thus, the module of a configuration of that the TAB tape was attached in the substrate with which the picture element part was formed in the substrate side, and the printed-circuit version which has a function as an actuation circuit through the TAB tape was attached is made to call it an actuation circuit external mold module especially on these descriptions.

[0253] In addition, any of the organic light emitting device indicated by this invention may be used for the organic light emitting device contained in the luminescence equipment of this example.

[0254] [Example 16] this example shows the example which prepared and carried out the modularization of the printed wired board to the luminescence

equipment shown in the example 12, the example 13, or the example 14.

[0255] The TAB tape 1605 is attached in a substrate 1601 (here, a picture element part 1602, the data signal side actuation circuit 1603, the gate signal side actuation circuit 1604, wiring 1603a, and 1604a are included), and, as for the module shown in drawing 16 (a), the printed wired board 1606 is attached through the TAB tape 1605. The functional block diagram of a printed wired board 1606 is shown in drawing 16 (b).

[0256] As shown in drawing 16 (b), IC which functions as I/O Port 1607, 1610, and the control section 1608 at least is prepared in the interior of a printed wired board 1606. In addition, although the memory section 1609 is formed here, it is not necessarily required. Moreover, the control section 1608 is a part with the function for controlling control of an actuation circuit, amendment of image data, etc.

[0257] Thus, the module of a configuration of that the printed wired board which has a function as a controller in the substrate with which the organic light emitting device was formed was attached is made to call it a controller external mold module especially on these descriptions.

[0258] In addition, any of the organic light emitting device indicated by this invention may be used for the organic light emitting device contained in the luminescence equipment of this example.

[0259] [Example 17] this example shows the example of the luminescence equipment which drives a triplet light emitting device as shown in the examples 10 and 11 by digital time amount gradation display. While the luminescence equipment of this example can attain high luminous efficiency by using luminescence from a triplet excitation state, it can obtain a uniform image by digital time amount gradation display, and is dramatically useful.

[0260] The circuitry of the pixel using an organic light emitting device is shown in drawing 36 (a). Tr expresses a transistor and Cs expresses a storage capacitor. In the circuitry in drawing 36 (a), the gate line is connected to the source side of a transistor Tr1 for the source line at the gate of a transistor Tr1. Moreover, the

current supply line is connected to the storage capacitor Cs and source side of a transistor Tr2. Since the anode plate of the organic light emitting device of this invention is connected to the drain side of a transistor Tr2, on both sides of the organic light emitting device, the opposite hand of a transistor Tr2 serves as cathode.

[0261] In this circuit, if a gate line is chosen, a current will flow from a source line to Tr1, and the electrical potential difference corresponding to that signal will be accumulated in Cs. And the current controlled by the gate of Tr2 and the electrical potential difference (V_{gs}) between the sources will flow to Tr2 and an organic light emitting device.

[0262] After Tr1 is chosen, Tr1 will be in an OFF state and the electrical potential difference (V_{gs}) of Cs is held. Therefore, passing only the current depending on V_{gs} can be continued.

[0263] The chart which drives such a circuit by digital time amount gradation display is shown in drawing 36 (b). That is, although one frame was divided into two or more subframes, in drawing 36 (b), it is considered as the 6-bit gradation which divides one frame into six subframes (SF1-SF6). TA is write-in time amount. In this case, the rate of each subframe luminescence period is set to 32:16:8:4:2:1 as shown in drawing.

[0264] The outline of the actuation circuit of the TFT substrate in this example is shown in drawing 36 (c). With the substrate configuration in drawing 36 (c), a current supply line and cathode as the organic light emitting device of this invention shown by drawing 36 (a) to the picture element part made into each pixel are connected. Moreover, a shift register is the order of a shift register -> latch 1 -> latch 2 -> picture element part, and is connected to the picture element part. Image data is sendable into a picture element part with the latch pulse which a digital signal is inputted into latch 1 and inputted into latch 2.

[0265] The gate driver and the source driver are prepared on the same substrate. In this example, a pixel circuit and a driver can obtain a uniform image, without being influenced of dispersion in a TFT property, since it is designed so that

digital actuation may be carried out.

[0266] [Example 18] this example shows the example of the constant current actuation circuit of the active-matrix mold driven by passing a fixed current to the organic light emitting device indicated by this invention. The circuitry is shown in drawing 37 .

[0267] The pixel 3710 shown in drawing 37 has a signal line Si, the 1st scanning line Gj, the 2nd scanning line Pj, and the power-source line Vi. Moreover, the pixel 3710 has Tr1, Tr2, Tr3, Tr4, the organic light emitting device 3711 of a mixed assembling die, and retention volume 3712.

[0268] Both the gates of Tr3 and Tr4 are connected to the 1st scanning line Gj. One side is connected to a signal line Si, and another side is connected to the source of Tr2 for the source and the drain of Tr3. Moreover, one side is connected to the source of Tr2, and another side is connected to the gate of Tr1 for the source and the drain of Tr4. That is, the source of Tr3, either of the drains, and the source of Tr4 and either of the drains are connected.

[0269] The source of Tr1 is connected to the power-source line Vi, and the drain is connected to the source of Tr2. The gate of Tr2 is connected to the 2nd scanning line Pj. And the drain of Tr2 is connected to the pixel electrode which the organic light emitting device 3711 has. The organic light emitting device 3711 has the organic compound layer prepared between the pixel electrode, the counterelectrode, and a pixel electrode and a counterelectrode. The fixed electrical potential difference is given according to the power source with which the counterelectrode of the organic light emitting device 3711 was prepared in the exterior of a luminescence panel.

[0270] In addition, either the n channel mold TFT or the p channel mold TFT is OK as Tr3 and Tr4. However, the polarity of Tr3 and Tr4 is the same. Moreover, either the n channel mold TFT or the p channel mold TFT is OK as Tr1. Either the n channel mold TFT or the p channel mold TFT is OK as Tr2. One side is an anode plate and another side of the pixel electrode and counterelectrode of an organic light emitting device is cathode. When Tr2 is the p channel mold TFT, it

is desirable to use cathode as a counterelectrode, using an anode plate as a pixel electrode. On the contrary, when Tr2 is the n channel mold TFT, it is desirable to use an anode plate as a counterelectrode, using cathode as a pixel electrode.

[0271] Retention volume 3712 is formed between the gate of Tr1, and the source. Although it is prepared in order to maintain more certainly the gate of Tr1, and the electrical potential difference (V_{gs}) between the sources, it is not necessary to necessarily form retention volume 3712.

[0272] In the current source in which a signal-line actuation circuit has the current supplied to a signal line Si, it is controlled by the pixel shown in drawing 37.

[0273] By applying the above circuitry, the constant current actuation which is going to pass a fixed current to an organic light emitting device, and is going to keep brightness constant to it is attained. Although the organic light emitting device which has the mixing zone indicated by this invention has a long life compared with the conventional organic light emitting device, since reinforcement can be further attained by carrying out the above constant current actuation, it is effective.

[0274] The luminescence equipment of this invention stated in the [example 19] above-mentioned example has the advantage that a life is long, with a low power. therefore, power consumption with the electric appliance lower than before with which said luminescence equipment is contained as a display etc. -- actuation -- possible -- in addition -- and it becomes the electric appliance which merit-maintains and is carried out. Since low-power-ization links with facilities directly about an electric appliance like the pocket device which uses a dc-battery especially as a power source (a cell piece cannot happen easily), it is very useful.

[0275] Moreover, since said luminescence equipment is a spontaneous light type, since a back light like a liquid crystal display does not fill 1 micrometer with the thickness of an organic compound layer, the formation of thin lightweight is possible [it is unnecessary, and] for it. therefore, the electric appliance with which said luminescence equipment is contained as a display etc. -- the former --

a thin shape -- it becomes a lightweight electric appliance. it is very useful in order to also link this with facilities (the lightness in the case of carrying -- a compact) directly about an electric appliance like especially a pocket device. Furthermore, in an electric appliance at large, that what is been a thin shape (it is not bulky) is useful also seen from a carriage side (mass transportation is possible) and an installation side (tooth-space reservation of a chamber etc.) does not have misgiving.

[0276] In addition, since said luminescence equipment is a spontaneous light type, it is excellent in the visibility in a bright location compared with a liquid crystal display, and, moreover, has the description that an angle of visibility is large. Therefore, the electric appliance which has said luminescence equipment as a display has a big merit also in respect of the conspicuousness of a display.

[0277] That is, in addition to the advantage of the conventional organic light emitting devices, such as a thin light weight and high visibility, the electric appliance using the luminescence equipment of this invention also holds a low power and the features of being long lasting, and is very useful.

[0278] In this example, the electric appliance which contains the luminescence equipment of this invention as a display is illustrated. The example is shown in drawing 17 and drawing 18 . In addition, any of the metal complex indicated by this invention may be used for the organic light emitting device contained in the electric appliance of this example. Moreover, which gestalt of drawing 12 - drawing 16 and drawing 34 - drawing 37 may be used for the gestalt of the luminescence equipment contained in the electric appliance of this example.

[0279] Drawing 17 (a) is the display unit which used the organic light emitting device, and contains case 1701a, susceptor 1702a, and display 1703a. By producing the display using the luminescence equipment of this invention as display 1703a, the display which is thinly lightweight, merit-maintains and is carried out is realizable. Therefore, transport becomes simple, space-saving [at the time of being installation] turns possible up, and a life is also long.

[0280] Drawing 17 (b) is a video camera and contains body 1701b, display 1702b,

voice input section 1703b, actuation switch 1704b, dc-battery 1705b, and television section 1706b. By producing the video camera using the luminescence equipment of this invention as display 1702b, there is little power consumption and it can realize a lightweight video camera. Therefore, the consumption of a cell decreases and carrying also becomes simple.

[0281] Drawing 17 (c) is a digital camera and contains body 1701c, display 1702c, eye contacting part 1703c, and actuation switch 1704c. By producing the digital camera using the luminescence equipment of this invention as display 1702c, there is little power consumption and it can realize a lightweight digital camera. Therefore, the consumption of a cell decreases and carrying also becomes simple.

[0282] Drawing 17 (d) is the picture reproducer equipped with the record medium, and contains 1701d [of bodies], 1702d [of record media (CD, LD, or DVD)], and actuation switch 1703d, (Display A) 1704d, and (Display B) 1705d. Display (A) 1704d of image information is mainly displayed, and text is mainly displayed (Display B) 1705d. By producing said picture reproducer using the luminescence equipment of this invention as these (Display A) 1704d or (Display B) 1705d, said picture reproducer which power consumption merit-maintains at few lightweight tops, and carries out is realizable. In addition, CD regenerative apparatus, a game device, etc. are included in the picture reproducer equipped with this record medium.

[0283] Drawing 17 (e) is a pocket mold (mobile) computer, and contains body 1701e, display 1702e, television section 1703e, actuation switch 1704e, and memory slot 1705e. producing the pocket mold computer using the luminescence equipment of this invention as display 1702e -- power consumption -- few -- a thin shape -- a lightweight pocket mold computer is realizable. Therefore, the consumption of a cell decreases and carrying also becomes simple. In addition, this pocket mold computer can record information on the record medium which integrated a flash memory and nonvolatile memory, or can reproduce it.

[0284] Drawing 17 (f) is a personal computer and contains 1701f [of bodies],

1702f [of cases], 1703f [of displays], and keyboard 1704f. producing the personal computer using the luminescence equipment of this invention as 1703f of displays -- power consumption -- few -- a thin shape -- a lightweight personal computer is realizable. When the application with which it walks around like a notebook computer especially is required, it becomes a big merit in respect of the consumption of a cell, or lightness.

[0285] In addition, the above-mentioned electric appliance displays more often the information distributed through radiocommunication of electronic communication lines, such as the Internet, an electric wave, etc., and its opportunity to display especially animation information is increasing. The speed of response of an organic light emitting device is dramatically quick, and suitable for such an animation display.

[0286] Next, drawing 18 (a) is a cellular phone and contains body 1801a, voice output section 1802a, voice input section 1803a, display 1804a, actuation switch 1805a, and antenna 1806a. producing the cellular phone using the luminescence equipment of this invention as display 1804a -- power consumption -- few -- a thin shape -- a lightweight cellular phone is realizable. Therefore, the consumption of a cell decreases, and carrying also turns easy up and it is made on a compact body.

[0287] Drawing 18 (b) is an audio equipment (specifically audio for mount), and includes body 1801b, display 1802b, and the actuation switches 1803b and 1804b. By producing the audio equipment using the luminescence equipment of this invention as display 1802b, there is little power consumption and it can realize a lightweight audio equipment. Moreover, although this example shows the audio for mount as an example, you may use for a home audio.

[0288] In addition, in an electric appliance as shown by drawing 17 - drawing 18 , it is effective to give a function which modulates luminescence brightness according to the brightness of an operating environment by establishing a means to make build in a photosensor further and to detect the brightness of an operating environment. A user can recognize an image or text satisfactory, if the

brightness of 100-150 is securable by the contrast ratio compared with the brightness of an operating environment. That is, when an operating environment is bright, the brightness of an image is raised and it is made legible, and when an operating environment is dark, it becomes possible to stop the brightness of an image and to stop power consumption.

[0289] Moreover, since actuation with a low power and the formation of thin lightweight are possible also for various electric appliances using the luminescence equipment of this invention as the light source, they can be referred to as very useful. Typically, implementation of a low power and the formation of thin lightweight are possible for the electric appliance which contains the luminescence equipment of this invention as the light source of the back light or front light of a liquid crystal display, or the light source of a lighting device.

[0290] Therefore, when using as a liquid crystal display all the displays of the electric appliance of drawing 17 - drawing 18 shown in this example, by producing the electric appliance using the luminescence equipment of this invention as the back light or front light of the liquid crystal display, there is little power consumption and a thin and lightweight electric appliance can be attained.

[0291]

[Effect of the Invention] By carrying out this invention, the luminescence equipment which excelled [top / with little power consumption] also in the life can be obtained. Furthermore, the electric appliance which merit-maintains such luminescence equipment at a top with little [it is bright and] power consumption, and carries out it by using for the light source or a display can be obtained.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the role of a hole injection layer.

[Drawing 2] Drawing showing a concentration gradient.

[Drawing 3] Drawing showing a concentration gradient.

[Drawing 4] Drawing showing a concentration gradient.

[Drawing 5] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 6] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 7] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 8] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 9] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 10] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 11] Drawing showing vacuum evaporatio equipment.

[Drawing 12] Drawing showing the cross-section structure of luminescence equipment.

[Drawing 13] Drawing showing the top-face structure and cross-section structure of luminescence equipment.

[Drawing 14] Drawing showing the top-face structure and cross-section structure of luminescence equipment.

[Drawing 15] Drawing showing the configuration of luminescence equipment.

[Drawing 16] Drawing showing the configuration of luminescence equipment.

[Drawing 17] Drawing showing the example of an electric appliance.

[Drawing 18] Drawing showing the example of an electric appliance.

[Drawing 19] Drawing showing an energy band diagram.

[Drawing 20] Drawing showing an energy band diagram.

[Drawing 21] Drawing showing the condition of an organic compound layer.

[Drawing 22] Drawing showing vacuum evaporatio equipment.

[Drawing 23] Drawing showing formation of an impurity layer.

[Drawing 24] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 25] Drawing showing the condition of an organic compound layer.

[Drawing 26] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 27] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 28] Drawing showing a concentration profile.

[Drawing 29] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 30] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 31] Drawing showing vacuum evaporationo equipment.

[Drawing 32] Drawing showing vacuum evaporationo equipment.

[Drawing 33] Drawing showing the structure of an organic light emitting device.

[Drawing 34] Drawing showing the cross-section structure of luminescence equipment.

[Drawing 35] Drawing showing the cross-section structure of luminescence equipment.

[Drawing 36] Drawing showing the configuration of luminescence equipment.

[Drawing 37] Drawing showing the configuration of luminescence equipment.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-313583

(P2002-313583A)

(43) 公開日 平成14年10月25日 (2002. 10. 25)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターミナル* (参考)

H 0 5 B 33/22

H 0 5 B 33/22

D 3 K 0 0 7

B 5 C 0 9 4

G 0 9 F 9/30

3 6 5

G 0 9 F 9/30

3 6 5 Z

H 0 5 B 33/14

H 0 5 B 33/14

B

審査請求 未請求 請求項の数46 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2001-399072 (P2001-399072)

(22) 出願日 平成13年12月28日 (2001. 12. 28)

(31) 優先権主張番号 特願2000-400953 (P2000-400953)

(32) 優先日 平成12年12月28日 (2000. 12. 28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-20817 (P2001-20817)

(32) 優先日 平成13年1月29日 (2001. 1. 29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-32406 (P2001-32406)

(32) 優先日 平成13年2月8日 (2001. 2. 8)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 瀬尾 哲史

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

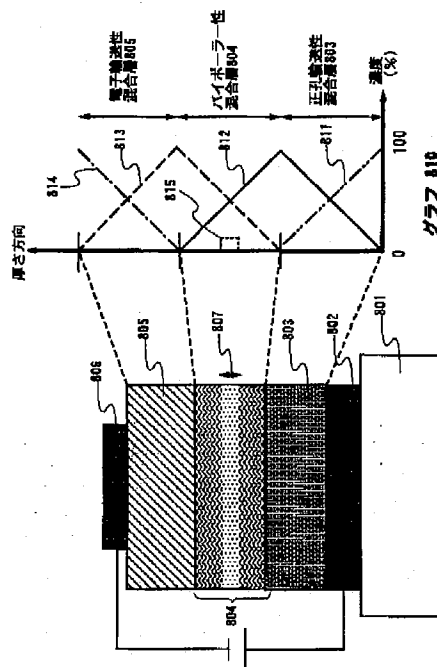
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【要約】

【課題】 低消費電力で、寿命の長い発光装置および電気器具を提供する。

【解決手段】 正孔注入材料811および正孔輸送材料812からなる正孔輸送性混合層803、あるいは、正孔輸送材料812および電子輸送材料813からなるバイポーラー性混合層804、あるいは、電子輸送材料813および電子注入材料814からなる電子輸送性混合層805、を適用し、さらにはグラフ810のような濃度勾配を形成することによって、有機発光素子における層間のキャリア注入性を高める。この手法により、消費電力が低く寿命の長い有機発光素子を提供し、前記有機発光素子を用いて発光装置および電気器具を作製する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた正孔輸送層と、を含む有機発光素子を有する発光装置において、前記正孔輸送層は第一の化合物および第二の化合物を含む層であり、前記第一の化合物は前記第二の化合物よりもイオン化ポテンシャルが小さく、かつ、前記第二の化合物は前記第一の化合物よりも正孔移動度が大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項2】請求項1に記載の発光装置において、前記正孔輸送層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記第一の化合物の濃度が減少し前記第二の化合物の濃度が増加する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項3】請求項1または請求項2に記載の発光装置において、前記第一の化合物がフタロシアニン化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項4】請求項1または請求項2に記載の発光装置において、前記第二の化合物が芳香族アミン化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項5】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた電子輸送層と、を含む有機発光素子を有する発光装置において、前記電子輸送層は第一の化合物および第二の化合物を含む層であり、前記第一の化合物は前記第二の化合物よりも電子親和力が大きく、かつ、前記第二の化合物は前記第一の化合物よりも電子移動度が大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項6】請求項5に記載の発光装置において、前記電子輸送層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記第一の化合物の濃度が増加し前記第二の化合物の濃度が減少する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項7】請求項5または請求項6に記載の発光装置において、前記第一の化合物が、アルカリ金属錯体、またはキノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項8】請求項5または請求項6に記載の発光装置において、前記第二の化合物が、キノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントロリン誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項9】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた発光層と、を含む有機発光素子を有する発光装置において、前記発光層は第一の化合物および第二の化合物を含む層であり、前記第一の化合物は前記第二の化合物よりも正孔移動度が大きく、かつ、前記第二の化合物は前記第一の化合物よりも電子移動度が大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項10】請求項9に記載の発光装置において、前記発光層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記第一の化合物の濃度が減少し前記第二の化合物の濃度が増加する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項11】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた発光層と、を含む有機発光素子を有する発光装置において、前記発光層は第一の化合物、第二の化合物、および第三の化合物を含む層であり、前記第一の化合物は前記第二の化合物よりも正孔移動度が大きく、かつ、前記第二の化合物は前記第一の化合物よりも電子移動度が大きく、かつ、前記第三の化合物における最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差は、前記第一の化合物および前記第二の化合物の双方における最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差よりも小さい発光材料であることを特徴とする発光装置。

【請求項12】請求項11に記載の発光装置において、前記発光層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記第一の化合物の濃度が減少し前記第二の化合物の濃度が増加する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項13】請求項9乃至請求項12に記載の発光装置において、前記第一の化合物が芳香族アミン化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項14】請求項9乃至請求項12に記載の発光装置において、前記第二の化合物が、キノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントロリン誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項15】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた発光層と、前記発光層に接して設けられたブロッキング層と、を含む有機発光素子を用いた発光装置において、前記ブロッキング層は、前記発光層に含まれる材料とブロッキング材料とを含み、前記ブロッキング材料における最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差は、前記発光層に含まれる材料における最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差よりも大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項16】請求項15に記載の発光装置において、前記ブロッキング層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記発光層に含まれる材料の濃度が減少し前記ブロッキング材料の濃度が増加する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項17】請求項15または請求項16に記載の発光装置において、前記ブロッキング材料が、オキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントロリン誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項18】請求項1乃至請求項17のいずれか一項に記載の発光装置において、前記有機発光素子は、三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項19】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする発光装置。

【請求項20】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた正孔注入領域と、前記正孔注入領域および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする発光装置。

【請求項21】陽極と、陰極と、前記陰極に接して設けられた電子注入領域と、前記陽極および前記電子注入領域の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする発光装置。

【請求項22】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた正孔注入領域と、前記陰極に接して設けられた電子注入領域と、前記正孔注入領域および前記電子注入領域の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする発光装置。

【請求項23】請求項19乃至請求項22のいずれか一項に記載の発光装置において、前記陽極から前記陰極へ方向に対し、前記混合領域内の前記正孔輸送材料の濃度は減少し、前記混合領域内の前記電子輸送材料の濃度は増加していることを特徴とする発光装置。

【請求項24】請求項19乃至請求項23のいずれか一

項に記載の発光装置において、発光を呈する発光材料が、前記混合領域内に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項25】請求項19乃至請求項23のいずれか一項に記載の発光装置において、発光を呈する発光材料が、前記混合領域内の一部に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項26】請求項19乃至請求項23のいずれか一項に記載の発光装置において、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料が、前記混合領域内に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項27】請求項19乃至請求項23のいずれか一項に記載の発光装置において、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料が、前記混合領域内の一部に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項28】請求項19乃至請求項23のいずれか一項に記載の発光装置において、発光を呈する発光材料と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料と、の両方が、前記混合領域内に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項29】請求項28に記載の発光装置において、前記発光材料が添加されている領域は、前記ブロッキング材料が添加されている領域よりも前記陽極側に位置することを特徴とする発光装置。

【請求項30】請求項24乃至請求項25または請求項28乃至請求項29のいずれか一項に記載の発光装置において、前記発光材料は、三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項31】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項32】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた正孔注入領域と、前記正孔注入領域および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および

前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項33】陽極と、陰極と、前記陰極に接して設けられた電子注入領域と、前記陽極および前記電子注入領域の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項34】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた正孔注入領域と、前記陰極に接して設けられた電子注入領域と、前記正孔注入領域および前記電子注入領域の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項35】請求項31乃至請求項34のいずれか一項に記載の発光装置において、前記発光材料が添加された発光領域は、前記混合領域内の一部であることを特徴とする発光装置。

【請求項36】請求項31乃至請求項35のいずれか一項に記載の発光装置において、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料が、前記混合領域内の一部に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項37】請求項35に記載の発光装置において、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッキング材料が、前記混合領域内の一部に添加されており、かつ、前記発光材料が添加された発光領域は、前記ブロッキング材料が添加されている領域よりも前記陽極側に位置することを特徴とする発光装置。

【請求項38】請求項31乃至請求項37のいずれか一項に記載の発光装置において、前記発光材料は、三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項39】請求項19乃至請求項38のいずれか一項に記載の発光装置において、前記混合領域内に、

前記正孔輸送材料と前記電子輸送材料との合計質量に対する前記正孔輸送材料の質量の百分率は、10パーセント以上90パーセント以下であることを特徴とする発光装置。

【請求項40】請求項19乃至請求項38のいずれか一項に記載の発光装置において、前記混合領域は、10ナノメートル以上、100ナノメートル以下の厚さであることを特徴とする発光装置。

【請求項41】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた第一の混合領域と、前記第一の混合領域に接して設けられた第二の混合領域と、前記第二の混合領域と陰極との間に設けられた第三の混合領域と、からなる有機発光素子を用いた発光装置において、前記第一の混合領域は正孔注入材料および正孔輸送材料を含み、前記第二の混合領域は前記正孔輸送材料および電子輸送材料を含み、前記第三の混合領域は前記電子輸送材料および電子注入材料を含むことを特徴とする発光装置。

【請求項42】請求項41に記載の発光装置において、前記第二の混合領域に発光材料が添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項43】請求項42に記載の発光装置において、前記発光材料は三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項44】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた第一の混合領域と、前記第一の混合領域に接して設けられた第二の混合領域と、前記第二の混合領域に接して設けられた第三の混合領域と、前記第三の混合領域と陰極との間に設けられた第四の混合領域と、からなる有機発光素子を用いた発光装置において、前記第一の混合領域は正孔注入材料および正孔輸送材料を含み、前記第二の混合領域は前記正孔輸送材料およびホスト材料およびゲスト材料を含み、前記第三の混合領域は前記ホスト材料およびブロッキング材料を含み、前記第四の混合領域は前記ブロッキング材料および電子注入材料を含むことを特徴とする発光装置。

【請求項45】請求項44に記載の発光装置において、前記ゲスト材料は三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項46】請求項1乃至請求項45のいずれか一項に記載の発光装置を用いたことを特徴とする電気器具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する分野】本発明は、陽極と、陰極と、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む膜（以下、「有機化合物層」と記す）と、を有する有機発光素子を用いた発光装置に関する。本発明では特に、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ素子の寿命が長い有機発光素子を用いた発光装置に関する。なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子として有機発光素子を用いた画像表示デバイスもしくは発光デバイスを指す。ま

た、有機発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム (FPC: Flexible printed circuit) もしくはTAB (Tape Automated Bonding) テープもしくはTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または有機発光素子にCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

【0002】

【従来の技術】有機発光素子は、電界を加えることにより発光する素子である。その発光機構は、電極間に有機化合物層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔が有機化合物層中の発光中心で再結合して励起状態の分子 (以下、「分子励起子」と記す) を形成し、その分子励起子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光するとされている。

【0003】なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であるが、本明細書中ではどちらの励起状態が発光に寄与する場合も含むこととする。

【0004】このような有機発光素子において、通常、有機化合物層は1 μ mを下回るほどの薄膜で形成される。また、有機発光素子は、有機化合物層そのものが光を放出する自発光型の素子であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、有機発光素子は極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

【0005】また、例えば100~200nm程度の有機化合物層において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、有機化合物層のキャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度であり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

【0006】さらに、有機発光素子はキャリア注入型の発光素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず有機化合物層の厚みを100nm程度の均一な超薄膜とし、また、有機化合物層に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはシングルヘテロ構造 (二層構造) を導入することによって、5.5Vで100cd/m²の十分な輝度が達成された (文献1: C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Applied Physics Letters, vol. 51, No. 12, 913-915 (1987))。

【0007】こういった薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、有機発光素子は次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比

較的良好であり、携帯機器の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。

【0008】ところで、文献1において示された有機発光素子の構成であるが、まず、有機化合物層に対するキャリア注入障壁を小さくする方法として、仕事関数が低い上に比較的安定なMg:Ag合金を陰極に用い、電子の注入性を高めている。このことにより、有機化合物層に大量のキャリアを注入することを可能としている。

【0009】さらに有機化合物層として、ジアミン化合物からなる正孔輸送層とトリス (8-キノリノラト) アルミニウム (略称: Alq₃) からなる電子輸送性発光層とを積層するという、シングルヘテロ構造を適用することにより、キャリアの再結合効率を飛躍的に向上させている。このことは、以下のように説明される。

【0010】例えば、Alq₃単層のみを有する有機発光素子の場合では、Alq₃が電子輸送性であるため、陰極から注入された電子のほとんどは正孔と再結合せずに陽極に達してしまい、発光の効率は極めて悪い。すなわち、単層の有機発光素子を効率よく発光させる (あるいは低電圧で駆動する) ためには、電子および正孔の両方をバランスよく輸送できる材料 (以下、「バイポーラー材料」と記す) を用いる必要があり、Alq₃はその条件を満たしていない。

【0011】しかし、文献1のようなシングルヘテロ構造を適用すれば、陰極から注入された電子は正孔輸送層と電子輸送性発光層との界面でブロックされ、電子輸送性発光層中へ閉じこめられる。したがって、キャリアの再結合が効率よく電子輸送性発光層で行われ、効率のよい発光に至るのである。

【0012】このようなキャリアのブロッキング機能の概念を発展させると、キャリアの再結合領域を制御することも可能となる。その例として、正孔をブロックできる層 (正孔ブロッキング層) を正孔輸送層と電子輸送層との間に挿入することにより、正孔を正孔輸送層内に閉じこめ、正孔輸送層の方を発光させることに成功した報告がある。 (文献2: Yasunori KIJIMA, Nobutoshi ASAI and Shin-ichiro TAMURA, "A Blue Organic Light Emitting Diode", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, 5274-5277 (1999))。

【0013】また、文献1における有機発光素子は、いわば正孔の輸送は正孔輸送層が行い、電子の輸送および発光は電子輸送性発光層が行うという、機能分離の発想であるとも言える。この機能分離の概念はさらに、正孔輸送層と電子輸送層の間に発光層を挟むというダブルヘテロ構造 (三層構造) の構想へと発展した (文献3: Chihaya ADACHI, Shizuo TOKITO, Tetsuo TSUTSUMI and Shogo SAITO, "Electroluminescence in Organic Films with Three-Layered Structure", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 27, No. 2, L269-L271 (1988))。

【0014】こういった機能分離の利点としては、機能分離することによって一種類の有機材料に様々な機能（発光性、キャリア輸送性、電極からのキャリア注入性など）を同時に持たせる必要がなくなり、分子設計等に幅広い自由度を持たせることができる点にある（例えば、無理にバイポーラー材料を探索する必要がなくなる）。つまり、発光特性のいい材料、キャリア輸送性が優れる材料などを、各々組み合わせることで、容易に高発光効率が達成できるということである。

【0015】これらの利点から、文献1で述べられた積層構造の概念（キャリアブロッキング機能あるいは機能分離）自体は、現在に至るまで広く利用されている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上で述べたような積層構造は異種物質間の（特に絶縁体同士の）接合であるため、その界面には必ずエネルギー障壁が生じることになる。エネルギー障壁が存在すれば、その界面においてキャリアの移動は妨げられるため、以下に述べるような二つの問題点が提起される。

【0017】まず一つは、駆動電圧のさらなる低減へ向けての障害になるという点である。実際、現在の有機発光素子において、駆動電圧に関しては共役ポリマーを用いた単層構造の素子の方が優れており、パワー効率（単位：lm/W）でのトップデータ（ただし、一重項励起状態からの発光を比較）を保持していると報告されている（文献4：筒井哲夫、「応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会誌」、Vol. 11, No. 1, P.8 (2000)）。

【0018】なお、文献4で述べられている共役ポリマーはバイポーラー材料であり、キャリアの再結合効率に関しては積層構造と同等なレベルが達成できる。したがって、バイポーラー材料を用いるなどの方法で、積層構造を用いることなくキャリアの再結合効率さえ同等にできるのであれば、界面の少ない単層構造の方が実際は駆動電圧が低くなることを示している。

【0019】このことは、有機化合物層内における各層間の界面（例えば正孔輸送層と発光層との間のことであり、以下、「有機界面」と記す）においてキャリアの移動が妨げられ、より高い駆動電圧が必要になってしまったと説明できる。

【0020】例えば電極と有機化合物層との界面においては、エネルギー障壁を緩和するような材料を挿入し、キャリアの注入性を高めて駆動電圧を低減する方法がある（文献5：Takeo Wakimoto, Yoshinori Fukuda, Kenichi Nagayama, Akira Yokoi, Hitoshi Nakada, and Masami Tsuchida, "Organic EL Cells Using Alkaline Metal Compounds as Electron Injection Materials", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 44, NO. 8, 1245-1248 (1997)）。文献5では、電子注入層としてLi₂Oを用いることにより、駆動電圧の低減に成功してい

る。

【0021】しかしながら、有機界面のキャリア移動性に関してはいまだ未解決の分野であり、バイポーラー材料を用いた単層構造の低駆動電圧に追いつくための重要なポイントであると考えられる。

【0022】さらに、エネルギー障壁に起因するもう一つの問題点として、有機発光素子の素子寿命に対する影響が考えられる。すなわち、キャリアの移動が妨げられ、チャージが蓄積することによる輝度の低下である。

【0023】この劣化機構に関してははっきりした理論は確立されていないが、陽極と正孔輸送層との間に正孔注入層を挿入し、さらにdc駆動ではなく矩形波のac駆動にすることによって、輝度の低下を抑えることができるという報告がある（文献6：S. A. VanSlyke, C. H. Chen, and C. W. Tang, "Organic electroluminescent devices with improved stability", Applied Physics Letters, Vol. 69, No. 15, 2160-2162 (1996)）。このことは、正孔注入層の挿入およびac駆動によって、チャージの蓄積を排除することにより、輝度の低下を抑えることができたという実験的な裏付けと言える。

【0024】以上のことから、積層構造は容易にキャリアの再結合効率を高めることができ、なおかつ機能分離の観点から材料の選択幅を広くできるというメリットを持つ一方で、有機界面を多数作り出すことによって（特にキャリアをブロックしてキャリアを再結合させるための有機界面を作り出すことによって）キャリアの移動を妨げ、駆動電圧や輝度の低下に影響を及ぼしていると言える。

【0025】そこで本発明では、従来用いられている積層構造の利点（機能分離）を活かしつつ、なおかつ有機化合物層中に存在するエネルギー障壁を緩和することによってキャリアの移動性を高め、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を提供することを課題とする。

【0026】特に、発光層においてキャリアをブロックしてキャリアを再結合させるという従来用いられている積層構造とは、異なる概念の素子を作製することにより、有機化合物層中に存在する有機界面を削除してキャリアの移動性を高めると同時に、なおかつ積層構造の機能分離と同様に各種複数の材料の機能を発現させる（以下、「機能発現」と記す）ことを課題とする。それにより、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を提供することを課題とする。

【0027】さらに、このような有機発光素子を用いることにより、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ寿命の長い発光装置を提供することを課題とする。さらに、前記発光装置を用いて電気器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で、なおかつ長保ちする電気器具を提供することを課題とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】積層構造におけるエネルギー障壁の緩和に関しては、文献5に見られるようなキャリア注入層の挿入という技術に顕著に見られる。正孔注入層を例として、エネルギーバンドダイアグラムを用いた説明を図1に示す。

【0029】図1(a)では陽極101と正孔輸送層102を直接接合しているが、この場合、陽極101と正孔輸送層102のエネルギー障壁104は大きい。しかしながら、陽極のイオン化ポテンシャル(金属の場合、仕事関数と同義である)と正孔輸送層の最高被占分子軌道(以下、「HOMO」と記す)準位との中間に位置するHOMO準位を有する材料を、正孔注入層103として挿入することにより、エネルギー障壁を階段状に設計することができる(図1(b))。

【0030】図1(b)のような階段状のエネルギー障壁を設計することにより、電極からのキャリア注入性を高め、確かに駆動電圧をある程度までは下げることができる。しかしながら問題点は、層の数を増やすことによって、有機界面の数は逆に増加することである。このことが、文献4で示されているように、単層構造の方が駆動電圧・パワー効率のトップデータを保持している原因であると考えられる。

【0031】逆に言えば、この点を克服することにより、積層構造のメリット(様々な材料を組み合わせることができ、複雑な分子設計が必要ない)を活かしつつ、なおかつ単層構造の駆動電圧・パワー効率に追いつくことができる。

【0032】その根本的な構想としては、有機界面の数を増やすことなく、有機化合物層中のエネルギー障壁を緩和し、キャリアの移動を妨げないようにすることができればよい。本発明者は、以下に示すような方法でこの構想を実現できる素子構造を考案した。

【0033】まず、正孔に対するエネルギー障壁を緩和する手法であるが、HOMO準位の高い(イオン化ポテンシャルの小さい)正孔注入材料と、正孔移動度の高い正孔輸送材料とを混合した層(以下、「正孔輸送性混合層」と記す)を設ければよい。この手法によって、陽極側からの正孔の受け取りを正孔注入材料が、正孔の輸送を正孔輸送材料が、それぞれ正孔輸送性混合層内で役割を果たし、従来の正孔注入層と正孔輸送層という二層の機能を一層で実現できる。

【0034】また、上で述べた正孔輸送性混合層に、濃度勾配を形成することが好ましい。すなわち、図2に示すように、陽極に近い側は正孔注入材料の割合が多く、陽極から離れるにしたがって正孔輸送材料の割合が多くなっていくものである。このような濃度勾配を形成することによって、陽極側からの正孔の受け取りから輸送まで、大きなエネルギー障壁を形成することなく潤滑に行われ、駆動電圧の低下および長寿命化に貢献する。

【0035】なお、図2における濃度勾配は、便宜上直

線を用いて図示したが、必ずしも直線となる必要はなく、増加しないしは減少の勾配が形成されていればよいものとする。実際、制御する際には曲線となる場合が多いと考えられる。本明細書で述べる他の濃度勾配についても、同様とする。

【0036】次に、電子に対するエネルギー障壁を緩和する手法であるが、最低空分子軌道(以下、「LUMO」と記す)準位の低い(電子親和力の大きい)電子注入材料と、電子移動度の高い電子輸送材料とを混合した層(以下、「電子輸送性混合層」と記す)を設ければよい。この手法によって、陰極側からの電子の受け取りを電子注入材料が、電子の輸送を電子輸送材料が、それぞれ電子輸送性混合層内で役割を果たし、従来の電子注入層と電子輸送層という二層の機能を一層で実現できる。

【0037】また、上で述べた電子輸送性混合層に、濃度勾配を形成することが好ましい。すなわち、図3に示すように、陰極に近い側は電子注入材料の割合が多く、陰極から離れるにしたがって電子輸送材料の割合が多くなっていくものである。このような濃度勾配を形成することによって、陰極側からの電子の受け取りから輸送まで、大きなエネルギー障壁を形成することなく潤滑に行われ、駆動電圧の低下および長寿命化に貢献する。

【0038】さらに、発光層におけるエネルギー障壁を緩和する手法もある。すなわち、正孔移動度の高い正孔輸送材料と、電子移動度の高い電子輸送材料とを混合してバイポーラー性とした層(以下、「バイポーラー性混合層」と記す)を、発光層として設ければよい。この場合、発光層の両端の界面におけるキャリアブロッキング機能は小さくなるが、電子輸送層-バイポーラー性混合層間のキャリア移動度差、および正孔輸送層-バイポーラー性混合層間のキャリア移動度差によって、キャリアはバイポーラー性混合層で再結合しやすくなる。

【0039】また、上で述べたバイポーラー性混合層に、濃度勾配を形成することが好ましい。すなわち、図4に示すように、陽極に近い側は正孔輸送材料の割合が多く、陰極に近づくにしたがって電子輸送材料の割合が多くなっていくものである。このような濃度勾配を形成することによって、正孔および電子の輸送から再結合に到るまで、大きなエネルギー障壁を形成することなく潤滑に行われ、駆動電圧の低下および長寿命化に貢献する。

【0040】なお、バイポーラー性混合層は、励起エネルギーの低い材料の方が発光すると考えられる。本明細書中における励起エネルギーとは、HOMOとLUMOとのエネルギー差のことを指す。HOMOに関しては、光電子分光法により測定可能であり、イオン化ポテンシャルと同義と考えてよい。また、励起エネルギーを便宜的に吸収スペクトル末端と定義することで、その励起エネルギーとHOMO準位の値からLUMOを算出できる。

【0041】さらに、上で述べたバイポーラー性混合層

に、発光材料をドーブして発光させる手法もある。この場合ドーパントである発光材料は、バイポーラー性混合層に含まれる正孔輸送材料および電子輸送材料よりも、低い励起エネルギーを有する必要がある。特に、キャリアアトラップ型のドーパント（例：ルブレン）を用いると、キャリアの再結合効率がさらに高まるため好ましい。

【0042】また、文献2では正孔ブロッキング層が示されたが、このような層は一般にブロッキング材料で構成される。ブロッキング材料とは、発光層の材料よりも大きな励起エネルギーを有するものが一般的であり（すなわち、分子励起子の拡散を防ぐことができ）、さらにキャリアもブロックできる材料のことである。主に正孔をブロックする場合が多い。

【0043】本発明者は、ブロッキング材料と、発光層の材料（あるいは発光層のホスト材料）とを混合した層（以下、「ブロッキング性混合層」と記す）を形成する手法についても考案した。この場合、ブロッキング性混合層は発光層としても機能することもでき、層内部で効率よくキャリアおよび分子励起子をブロックできる発光層という見方もできる。

【0044】ブロッキング性混合層に関しては、特に濃度勾配を形成することが好ましい。なぜならば、発光層から離れるに従い徐々にブロッキング材料の濃度を高くすることにより、ブロッキングしない方のキャリア（正孔ブロッキング材料であれば電子）の移動を潤滑にできるからである。

【0045】ところで近年、三重項励起状態から基底状態に戻る際に放出されるエネルギー（以下、「三重項励起エネルギー」と記す）を発光に変換できる有機発光素子が相次いで発表され、その発光効率の高さが注目されている（文献7：D. F. O'Brien, M. A. Baldo, M. E. Thompson and S. R. Forrest, "Improved energy transfer in electrophosphorescent devices", Applied Physics Letters, vol. 74, No. 3, 442-444 (1999)）（文献8：Tetsuo TSUTSUI, Moon-Jae YANG, Masayuki YAHIRO, Kenji NAKAMURA, Teruichi WATANABE, Taishi TSUJI, Yoshinori FUKUDA, Takeo WAKIMOTO and Satoshi MIYAGUCHI, "High Quantum Efficiency in Organic Light-Emitting Devices with Iridium-Complex as a Triplet Emissive Center", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, L1502-L1504 (1999)）。

【0046】文献7では白金を中心金属とする金属錯体を、文献8ではイリジウムを中心金属とする金属錯体を用いている。これらの三重項励起エネルギーを発光に変換できる有機発光素子（以下、「三重項発光素子」と記す）は、従来よりも高輝度発光・高発光効率を達成することができる。

【0047】しかしながら、文献8の報告例によると、初期輝度を500cd/m²に設定した場合の輝度の半減期は17

0時間程度であり、素子寿命に問題がある。そこで、本発明を三重項発光素子に適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる。

【0048】したがって、以上に述べたように、キャリア輸送層や発光層を混合層とすることによって界面の数を減少させ（あるいはエネルギー障壁を緩和させ）、キャリアの移動を潤滑にするという本発明の概念を、三重項発光素子に適用したのも本発明に含めるものとする。

【0049】ところで、有機界面の形成によりキャリアの移動が妨げられるモデルとして、本発明者は以下に述べるような二つの機構を考えている。

【0050】まず一つの機構として、有機界面のモルフォロジーから生じるものが考えられる。有機発光素子における有機化合物層は通常、アモルファス状態の膜であり、これは有機化合物の分子同士が、双極子相互作用を主とした分子間力で凝集することにより形成されている。ところが、このような分子の凝集体を用いてヘテロ構造（積層構造）を形成すると、分子のサイズや形状の違いがヘテロ構造の界面（すなわち有機界面）に大きな影響を及ぼす可能性がある。

【0051】特に、分子のサイズが大きく異なる材料を用いてヘテロ構造を形成した場合、その有機界面における接合の整合性が悪くなると考えられる。その概念図を図21に示す。図21では、小さい分子2101からなる第一の層2111と、大きい分子2102からなる第二の層2112を積層している。この場合、形成される有機界面2113において、整合性の悪い領域2114が発生してしまう。

【0052】図21で示した整合性の悪い領域2114は、キャリアの移動を妨げるバリア（あるいはエネルギー障壁）となる可能性があるため、駆動電圧のさらなる低減へ向けての障害になることが示唆される。また、エネルギー障壁を越えられないキャリアはチャージとして蓄積してしまい、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

【0053】もう一つの機構として、積層構造を形成する（すなわち有機界面を形成する）工程から生じるものが考えられる。積層構造の有機発光素子は、キャリアのブロッキングおよび機能分離の観点から、各層を形成する際のコンタミネーションを避けるため、通常、図22に示すようなマルチチャンバー方式（インライン方式）の蒸着装置を用いて作製する。

【0054】図22に示した例は、正孔輸送層・発光層・電子輸送層の三層構造（ダブルヘテロ構造）を形成するための蒸着装置の概念図である。まず、搬入室に陽極（インジウム錫酸化物（以下、「ITO」と記す）など）を有する基板を搬入し、まず紫外線照射室において真空雰囲気中で紫外線を照射することにより、陽極表面をク

リーニングする。特に陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う。さらに、積層構造の各層を形成するため、蒸着室2201で正孔輸送層を、蒸着室2202~2204で発光層（図22では、赤、緑、青の三色）を、蒸着室2205で電子輸送層を成膜し、蒸着室2206で陰極を蒸着する。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0055】このようなインライン方式の蒸着装置の特色としては、各層の蒸着を、それぞれ異なる蒸着室2201~2205において蒸着していることである。つまり、各層の材料がほとんど互いに混入しないような装置構成となっている。

【0056】ところが、蒸着装置の内部は通常 10^{-4} ~ 10^{-5} パスカル程度に減圧されているものの、極微量の気体成分（酸素や水など）は存在している。そして、この程度の真空度の場合、それら極微量の気体成分でも、数秒もあれば容易に単分子レイヤー程度の吸着層を形成してしまうと言われている。

【0057】したがって、図22のような装置を用いて積層構造の有機発光素子を作製する場合、各層を形成する間に大きなインターバルが生じてしまうことが問題なのである。つまり、各層を形成する間のインターバル、特に第二搬送室を経由して搬送する際に、極微量の気体成分による吸着層（以下、「不純物層」と記す）を形成してしまう懸念がある。

【0058】その概念図を図23に示す。図23は、第一の有機化合物2301からなる第一の層2311と、第二の有機化合物2302からなる第二の層2312とを積層する際に、その層間に微量の不純物2303（水や酸素など）からなる不純物層2313が形成されている様子である。

【0059】このようにして各層間（すなわち有機界面）に形成されてしまう不純物層は、有機発光素子の完成後、キャリアをトラップする不純物領域となってキャリアの移動を妨げるため、やはり駆動電圧を上昇させてしまう。さらに、キャリアをトラップする不純物領域が存在すると、そこにはチャージが蓄積することになるため、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

【0060】このような機構から考えると、以上で述べたような有機界面で生じる問題点（有機界面のモルフォロジー悪化および不純物層の形成）を克服するためには、素子構造・作製工程共に、従来の積層構造素子から脱する必要がある。例えば、有機界面を完全に排除した有機発光素子の例として、正孔輸送材料と電子輸送材料とを混合しただけの単層（以下、「混合単層」と記す）のみを、両電極間に設けた有機発光素子の報告がある

（文献9：Shigeki NAKA, Kazuhisa SHINNO, Hiroyuki OKADA, Hiroshi ONNAGAWA and Kazuo MIYASHITA, "Organic Electroluminescent Devices Using a Mixed Single Layer", Japanese Journal of Applied Physics, Vo

l. 33, No. 12B, L1772-L1774(1994)）。

【0061】文献9では、正孔輸送性である4, 4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル（以下、「TPD」と記す）と、電子輸送性であるAlq₃とを、1:4の割合で混合することによって単層構造を形成している。しかしながら、積層構造（すなわち、TPDおよびAlq₃からなる有機界面を形成するヘテロ構造）との比較をすると、発光効率の点では積層構造に比べて劣っていることが示されている。

【0062】その原因として、混合単層の場合、陽極から注入された正孔および陰極から注入された電子が、再結合することなくそのまま対極へ抜けてしまうことが多くなるためと考えられる。積層構造はキャリアのブロッキング機能があるので、そのような問題は生じていないのである。

【0063】このことは、文献9の混合単層においては、機能発現が行われていないことが原因と言い換えることができる。すなわち、有機化合物層内において、陽極に近い領域は正孔輸送という機能を示し、陰極に近い領域は電子輸送という機能を示し、両電極から離れた部分に発光領域（すなわちキャリアが再結合する領域）を設けるといふ、各機能を発現できる領域を設けなければ、たとえ有機界面をなくしたとしても効率のよい発光には至らないのである。また、有機化合物層内が全て発光層として機能するので、実際はキャリアの再結合が電極の近くで行われる可能性があり、電極材料にエネルギー移動して消光することがある。

【0064】このように混合単層では十分な性能を発揮できないことを考慮し、本発明者は特に、図4におけるバイポーラー性混合層を発光領域として形成する際に、有機界面を排除し、なおかつ文献7とは異なり機能発現が可能な有機発光素子を実現する手法を考案した。その概念図を図24に示す。

【0065】図24では、正孔輸送材料および電子輸送材料の2種類からなる有機化合物層2403において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域2405、電子輸送材料からなる電子輸送領域2406、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが混合された混合領域2407を設けてある。ここでは基板2401上に陽極2402を設けてあるが、陰極2404の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。なお、このような素子の場合、正孔輸送層などの明確な層構造は形成していないので、各機能を示す「領域」という表現を用いている。

【0066】このような素子を形成した場合、陽極側では正孔輸送材料が正孔を受け取り輸送し、一方陰極側では電子輸送材料が電子を受け取り輸送することができる。さらに、混合領域2407はバイポーラー性であるため、正孔および電子は双方とも混合領域2407を移動することができ、この混合領域2407においてキャリアは再結合し発光に至る。すなわち、文献9の混合単層とは異なる

り、各機能を発現できる領域が有機化合物層2403内に存在していることになる。

【0067】さらに、図24のような素子の場合、機能発現を可能にしながら、なおかつ従来の積層構造のような有機界面は存在しない。したがって、上述の有機界面で生じる問題点（有機界面のモルフォロジー悪化および不純物層の形成）を解決することができる。なお、発光に至る混合領域が両電極から離れることにより、電極にエネルギー移動することによる消光を防ぐこともできる。

【0068】まず、有機界面のモルフォロジー悪化の解決について、図25を用いて説明する。図25は、小さい分子2501からなる領域2511と、大きい分子2502からなる領域2512と、小さい分子2501および大きい分子2502の両方を含む混合領域2513と、からなる、図24に代表される有機発光素子である。図25から明らかなように、図21で存在していたような有機界面2113は存在せず、整合性の悪い領域2114も存在しない。

【0069】また、不純物層の形成の解決であるが、これは単純明快である。図24のような有機発光素子を作製する場合、陽極上に正孔輸送材料を蒸着し、途中からそれに加えて電子輸送材料を共蒸着の形で蒸着することで混合領域を形成し、混合領域を形成後は正孔輸送材料の蒸着を止めることで電子輸送材料を蒸着すればよい。したがって、図22のような蒸着装置を用いて有機発光素子を作製する際に生じる、インターバルが存在しない。つまり、不純物層を形成する隙を与えないのである。

【0070】このように、本発明の有機発光素子は、有機界面を形成することがないためキャリアの移動が潤滑であり、駆動電圧および素子の寿命に悪影響を及ぼすことがなくなる。さらに、積層構造と同様に機能分離されているため、発光効率の点でも問題はない。

【0071】また、従来の積層構造が異種物質間の単なる接合（hetero-junction）であるのに対し、本発明の構造はいわば混合接合（mixed-junction）であり、新しい概念に基づく有機発光素子であると言える。

【0072】したがって本発明では、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、電子移動度よりも正孔移動度の高い正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、正孔移動度よりも電子移動度の高い電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする。

【0073】なお、図24において、陽極と有機化合物層との間に、正孔の注入性を高める材料（以下、「正孔

注入材料」と記す）からなる正孔注入領域を挿入してもよい。また、陰極と有機化合物層との間に、電子の注入性を高める材料（以下、「電子注入材料」と記す）からなる電子注入領域を挿入してもよい。さらに、正孔注入領域と電子注入領域の両方を組み込んでよい。

【0074】この場合、正孔注入材料または電子注入材料は、電極から有機化合物層へのキャリア注入障壁を小さくするための材料であるため、電極から有機化合物層へのキャリアの移動を潤滑にし、チャージの蓄積を排除できる効果がある。ただし、先に述べたような不純物層の形成を避ける観点から、各注入材料と有機化合物層との間は、インターバルをおかずに成膜することが好ましい。

【0075】ところで、正孔輸送材料および電子輸送材料の両方を含む混合領域内において、陽極から陰極へ方向に対し、正孔輸送材料の濃度は徐々に減少し、かつ、電子輸送材料の濃度は徐々に増加するような濃度勾配を形成することが、キャリアバランス制御の観点から好ましい。また、本発明において、混合領域はキャリアの再結合領域でもあるため、10nm以上の厚みがあることが望ましい。

【0076】また、図26(a)に示すように、有機化合物層2603において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域2605、電子輸送材料からなる電子輸送領域2606、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが混合された混合領域2607を設け、さらに混合領域2607に対し、ドーパントとして発光を呈する発光材料2608を添加する構造も本発明に含むこととする。なお、ここでは基板2601上に陽極2602を設けてあるが、陰極2604の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。また、正孔注入領域や電子注入領域を、電極と有機化合物層との間に設けていてもよい。

【0077】発光材料2608を混合領域2607にドーピングすると、発光材料2608がキャリアをトラップするため再結合率が向上し、高い発光効率が期待できる。発光色を発光材料2608により制御できることも利点の一つと言える。ただしこの場合、発光材料2608における励起エネルギーは、混合領域2607に含まれる化合物の中で最も小さいことが好ましい。

【0078】また、発光領域は両電極からなるべく離すことで、電極材料にエネルギー移動することによる消光（以下、「クエンチ」と記す）を防ぐことができる。したがって、発光材料をドーピングする領域は、混合領域内の全域ではなく、一部（特に中央部）であってもよい。

【0079】さらに、図26(b)に示すように、有機化合物層2603において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域2605、電子輸送材料からなる電子輸送領域2606、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが混合された混合領域2607を設け、さらに混合領域2607に対し、ブロッキング材料2609を添加する構造も本発明に含むこととする。なお、ここでは基板2601上に陽極2602を設けてあるが、陰

極2604の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。また、正孔注入領域や電子注入領域を、電極と有機化合物層との間に設けていてもよい。

【0080】ブロッキング材料2609を混合領域2607にドープすると、混合領域2607におけるキャリアの再結合率が向上し、分子励起子の拡散も防げるため、高い発光効率が期待できる。ただしこの場合、ブロッキング材料における励起エネルギーレベルは、混合領域2607に含まれる材料の中で最も大きいことが好ましい。

【0081】また、ブロッキング材料は、正孔ないしは電子の片方をブロックする機能を有する場合が多いため、混合領域内全域にドープしてしまうと、混合領域内のキャリアバランスを崩すこともある。したがって、ブロッキング材料をドープする領域は、混合領域内の全域ではなく、一部（特に端部）であってよい。

【0082】なお、図26(b)においては、さらに好ましい例として、発光材料2608も添加している。すなわち、図26(a)と併合した形態である。ブロッキング材料2609が正孔ブロッキング性を有する場合は、図26(b)のように、発光材料2608を添加している領域よりも陰極側に正孔ブロッキング材料を添加すれば、発光材料が効率よく発光することになる。

【0083】また、本発明を三重項発光素子に適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、文献8に比べて素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる。

【0084】なお、三重項の分子励起子は、拡散長が一重項の分子励起子に比べて大きいので、ブロッキング材料が混合領域に含まれていることが好ましい。すなわち、図26(b)を用いて説明すると、発光材料2608として三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料（以下、「三重項発光材料」と記す）を用い、ブロッキング材料2609も同時に添加することが望ましい。

【0085】以下ではさらに、図26で示したような発光材料を添加する形態において、より作製に適したな例を述べる。その素子構造を図27に示す。

【0086】図27の素子では、正孔輸送材料および電子輸送材料を含む有機化合物層2703において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域2705、電子輸送材料からなる電子輸送領域2706、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが一定の割合にて混合された混合領域2707を設けており、さらに混合領域2707には、発光を呈する発光材料2708を添加することにより発光領域を形成してある。ここでは基板2701上に陽極2702を設けてあるが、陰極2704の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。

【0087】なお、混合領域における正孔輸送材料と電子輸送材料との濃度比を $x:y$ とした場合の濃度プロファイルは、図28のようになる。

【0088】このような素子を形成した場合、陽極側では正孔輸送材料が正孔を受け取り輸送し、一方陰極側で

は電子輸送材料が電子を受け取り輸送することができる。さらに、混合領域2707はバイポーラ性であるため、正孔および電子は双方とも混合領域2707を移動することができる。また、混合領域2707は一定の割合 $x:y$ としているため、作製が容易である。

【0089】ここで重要なことは、混合領域2707において、発光材料を含む発光領域が形成されていることである。つまり、発光材料を混合領域2707に添加することで、混合領域内をキャリアが再結合せずに素通りしてしまうことを防ぐと同時に、発光領域を電極から遠ざけ、電極による消光（以下、「クエンチ」と記す）をも防止しているのである。

【0090】したがって本発明では、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする。

【0091】なお、発光材料は、正孔輸送材料および電子輸送材料に比べて、励起エネルギーが小さいことが好ましい。これは、分子励起子のエネルギー移動を防ぐためである。

【0092】また、図27において、陽極と有機化合物層との間に、正孔の注入性を高める材料（以下、「正孔注入材料」と記す）からなる正孔注入領域を挿入してもよい。また、陰極と有機化合物層との間に、電子の注入性を高める材料（以下、「電子注入材料」と記す）からなる電子注入領域を挿入してもよい。さらに、正孔注入領域と電子注入領域の両方を組み込んでもよい。

【0093】この場合、正孔注入材料または電子注入材料は、電極から有機化合物層へのキャリア注入障壁を小さくするための材料であるため、電極から有機化合物層へのキャリアの移動を潤滑にし、チャージの蓄積を排除できる効果がある。ただし、先に述べたような不純物層の形成を避ける観点から、各注入材料と有機化合物層との間は、インターバルをおかずに成膜することが好ましい。

【0094】また、混合領域においては、その混合比によってキャリアの再結合部はほぼ決まってくる（バイポーラ性になればなるほど、ほぼ中央になる）。したがって、発光材料を混合領域内の全域に添加してもよい（図29(a)）が、一部に添加してもよい（図29(b)）。なお、図29では、図27の符号を引用している。

【0095】さらに、図30(a)に示すように、有機化合物層2703において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領

域2705、電子輸送材料からなる電子輸送領域2706、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが混合され、発光材料も添加された混合領域2707を設け、さらに混合領域2707に対し、ブロッキング材料2709を添加する構造も本発明に含むこととする。なお、ここでは基板2701上に陽極2702を設けてあるが、陰極2704の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。また、正孔注入領域や電子注入領域を、電極と有機化合物層との間に設けていてもよい。

【0096】なお、この場合のブロッキング材料とは、励起エネルギーレベルが混合領域2707に含まれる材料の中で最も大きく、キャリアをブロックする機能ないしは分子励起子の拡散を防ぐ機能を有する材料が好ましい。ブロッキング材料2709を混合領域2707に添加すると、混合領域2707におけるキャリアの再結合率が向上し、分子励起子の拡散も防げるため、高い発光効率が期待できる。ただし、ブロッキング材料は、正孔ないしは電子の片方をブロックする機能を有する場合が多いため、混合領域内全域に添加してしまうと、混合領域内のキャリアバランスを崩すこともある。したがって、ブロッキング材料を添加する領域は、混合領域内の全域ではなく、一部とする。

【0097】また、ブロッキング材料は通常、HOMO準位が低い、すなわち正孔をブロッキングできる材料が有効である。したがって図30(b)に示すように、発光材料2708を添加している領域よりも陰極側にブロッキング材料を添加する手法が有用である。

【0098】さらに、このような素子構造に添加する発光材料としてを三重項発光材料を適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる。なお、三重項の分子励起子は、拡散長が一重項の分子励起子に比べて大きいので、ブロッキング材料が混合領域に含まれていることが好ましい。

【0099】ところで、以上で述べたような正孔輸送材料および電子輸送材料からなる混合領域は、バイポーラ性である必要があるため、混合領域において、正孔輸送材料と電子輸送材料との合計質量に対する正孔輸送材料の質量の百分率は、10パーセント以上90パーセント以下であることが好ましい。ただし、この比率は材料の組み合わせによって大きく変動すると考えられる。

【0100】また、正孔輸送材料および電子輸送材料からなる混合領域は発光領域、すなわちキャリアの再結合領域を含んでいるため、キャリアが素通りしないような程度の厚みが必要となる。したがって前記混合領域は、10nm以上の厚みがあることが望ましい。また、バイポーラになる領域の抵抗が高いことを考えると、100nm以下が望ましい。

【0101】以上のような発明を実施することにより、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ寿命の長い発光装置を提供することができる。さらに、前記発光装置を用

いて電気器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で、なおかつ長保ちする電気器具を提供することができる。

【0102】

【発明の実施の形態】以下では、本発明を実施する際の形態について述べる。なお、有機発光素子は、発光を取り出すために少なくとも陽極または陰極の一方が透明であればよいが、本実施の形態では、基板上に透明な陽極を形成し、陽極から光を取り出す素子構造で記述する。実際は、陰極から光を取り出す構造や、基板とは逆側から光を取り出す構造も適用可能である。

【0103】まず、正孔輸送性混合層を形成した有機発光素子の実施の形態を、図5を用いて説明する。図5では、陽極502を有する基板501上に、正孔輸送性混合層503、発光層504、電子輸送層505、陰極506を積層した構造を示した。なお、発光層504を挿入せず、正孔輸送性混合層503ないしは電子輸送層505に発光を担わせることも可能である。正孔輸送性混合層503は、正孔注入材料および正孔輸送材料の両方が混合されて形成されている。

【0104】なお、正孔輸送性混合層503は、図2に示したように、正孔注入材料と正孔輸送材料からなる濃度勾配が形成されていてもよい。この場合、正孔注入材料として酸化アルミニウムのような絶縁性が高い材料を用いる時は、正孔注入材料の濃度勾配は急峻である（陽極から離れるにつれてすぐに減衰する）ことが好ましい。

【0105】次に、電子輸送性混合層を形成した有機発光素子の実施の形態を、図6を用いて説明する。図6では、陽極602を有する基板601上に、正孔輸送層603、発光層604、電子輸送性混合層605、陰極606を積層した構造を示した。なお、発光層604を挿入せず、電子輸送性混合層605ないしは正孔輸送層603に発光を担わせることも可能である。電子輸送性混合層605は、電子注入材料および電子輸送材料の両方が混合されて形成されている。

【0106】なお、電子輸送性混合層605は、図3に示したように、電子注入材料と電子輸送材料からなる濃度勾配が形成されていてもよい。この場合、電子注入材料としてフッ化リチウムのような絶縁性が高い材料を用いる時は、電子注入材料の濃度勾配は急峻である（すぐに減衰する）ことが好ましい。

【0107】次に、バイポーラ性混合層を形成した有機発光素子の実施の形態を、図7を用いて説明する。図7では、陽極702を有する基板701上に、正孔注入層703、バイポーラ性混合層704、電子注入層705、陰極706を積層した構造を示した。バイポーラ性混合層704は、正孔輸送材料および電子輸送材料の両方が混合されて形成されている。

【0108】なお、バイポーラ性混合層704は、図4に示したように、正孔輸送材料と電子輸送材料とからなる濃度勾配が形成されていてもよい。

【0109】また、図24に示すように、混合領域2407に含まれる正孔輸送材料として正孔輸送領域2405の構成材料を用い、混合領域2407に含まれる電子輸送材料として電子輸送領域2406の構成材料を用いることによって、混合領域2407と、正孔輸送領域2405および電子輸送領域2406とを、連続的に接合してもよい。この場合、2種類の化合物（正孔輸送材料および電子輸送材料）で、正孔輸送領域、発光領域、電子輸送領域という、従来であれば3層の役割を果たすことができる利点がある。なお、図24では示していないが、陽極2402と正孔輸送領域2405との間に正孔注入層を、陰極2404と電子輸送領域2406との間に電子注入層を挿入してもよい。

【0110】このような素子構造を実施することによって、不純物層の形成を防ぐことができるが、この場合、有機発光素子を作製する製造工程が重要になる。そこで、このような素子構造の製造方法について適した例を述べる。

【0111】蒸着装置の概念図を、図31に示す。図31(a)はその上面図であるが、蒸着室として一つの真空槽3110を設置し、その真空槽内に複数の蒸着源を設けてある、シングルチャンバー方式である。そして、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極の構成材料など、各種機能の異なる材料が、それぞれ前記複数の蒸着源に別々に収納されている。

【0112】このような蒸着室を有する蒸着装置においては、まず、搬入室に陽極（ITOなど）を有する基板を搬入し、陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う（なお、図31(a)では図示していないが、陽極表面をクリーニングするために紫外線照射室を設置することも可能である）。さらに、有機発光素子を形成する全ての材料は、真空槽3110内において蒸着される。ただし陰極は、この真空槽3110内で形成してもよいし、別に蒸着室を設けてそこで陰極を形成してもよい。要は、陰極を形成するまでの間を、一つの真空槽3110内で蒸着すればよい。最後に、封止室にて封止を行い、搬送室を経由して搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0113】このようなシングルチャンバー方式の蒸着装置を用いて本発明の有機発光素子を作製する手順を、図31(b)（真空槽3110の断面図）を用いて説明する。図31(b)では、図面簡略化のため、二つの蒸着源（有機化合物蒸着源a3118および有機化合物蒸着源b3119）を有する真空槽3110を用い、正孔輸送材料3116および電子輸送材料3117からなる有機化合物層を形成する過程を示す。

【0114】まず、真空槽3110内に、陽極3102を有する基板3101を搬入し、固定台3111にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。次に、真空槽3110内を減圧（ 10^{-4} パスカル以下が好ましい）した後、容器a311

2を加熱し、正孔輸送材料3116を蒸発させ、所定の蒸着レート（単位： $[Å/s]$ ）に達してからシャッターa3114を開け、蒸着を開始する。この時、シャッターb3115を閉じたまま、容器b3113も加熱しておく。

【0115】その後、シャッターa3114を開いたまま、シャッターb3115を開けることによって、電子輸送材料3117を共蒸着し（図31(b)で示した状態）、正孔輸送領域3103の後に混合領域3104を形成する。この操作により、正孔輸送領域3103と混合領域3104の間には、不純物層が混入しない。

【0116】さらに電子輸送領域を形成するため、シャッターb3115を開けたままシャッターa3114を閉じ、容器a3112の加熱を終了する。この操作により、混合領域3104と電子輸送領域との間には、不純物層が形成されない。

【0117】さらに、図26(a)に示した混合領域2607に、発光材料をドーピングして発光させる手法もある。この場合ドーパントである発光材料は、混合領域2607に含まれる正孔輸送材料および電子輸送材料よりも、低い励起エネルギーを有する必要がある。

【0118】このように発光材料をドーピングする場合も、不純物層の形成を防ぐため、有機発光素子を作製する製造工程が重要になる。以下では、その製造方法について述べる。

【0119】図32(a)は、蒸着装置の上面図であるが、蒸着室として一つの真空槽3210を設置し、その真空槽内に複数の蒸着源を設けてある、シングルチャンバー方式である。そして、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極の構成材料など、各種機能の異なる材料が、それぞれ前記複数の蒸着源に別々に収納されている。

【0120】このような蒸着室を有する蒸着装置においては、まず、搬入室に陽極（ITOなど）を有する基板を搬入し、陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う（なお、図32(a)では図示していないが、陽極表面をクリーニングするために紫外線照射室を設置することも可能である）。さらに、有機発光素子を形成する全ての材料は、真空槽3210内において蒸着される。ただし陰極は、この真空槽3210内で形成してもよいし、別に蒸着室を設けてそこで陰極を形成してもよい。要は、陰極を形成するまでの間を、一つの真空槽3210内で蒸着すればよい。最後に、封止室にて封止を行い、搬送室を経由して搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0121】このようなシングルチャンバー方式の蒸着装置を用いて本発明の有機発光素子を作製する手順を、図32(b)（真空槽3210の断面図）を用いて説明する。図32(b)では、最も簡単な例として、三つの蒸着源（有機化合物蒸着源a3216、有機化合物蒸着源b3217および有機化合物蒸着源c3218）を有する真空槽3210を用

い、正孔輸送材料3221、電子輸送材料3222および発光材料3223を含む有機化合物層を形成する過程を示す。

【0122】まず、真空槽3210内に、陽極3202を有する基板3201を搬入し、固定台3211にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。次に、真空槽3210内を減圧（10⁻⁴パスカル以下が好ましい）した後、容器a3212を加熱し、正孔輸送材料3221を蒸発させ、所定の蒸着レート（単位：[nm/s]）に達してからシャッターa3214を開け、蒸着を開始する。この時、シャッターb3215を閉じたまま、容器b3213も加熱しておく。

【0123】その後、シャッターa3214を開いたまま、シャッターb3215を開けることによって、電子輸送材料3222を共蒸着し、正孔輸送領域3203の後に混合領域3204を形成する。この操作により、正孔輸送領域3203と混合領域3204との間には、不純物層が混入しない。ここで、この混合領域904形成の際、微量の発光材料3223も途中で添加しておく（図32(b)で示した状態）。

【0124】さらに電子輸送領域を形成するため、シャッターb3215を開けたままシャッターa3214を閉じ、容器a3212の加熱を終了する。この操作により、混合領域3204と電子輸送領域との間には、不純物層が形成されない。

【0125】この方法を応用すれば、課題を解決するための手段で述べた有機発光素子は、全て作製可能である。例えば、混合領域3204にブロッキング材料を添加する場合は、図32(b)にそのブロッキング材料を蒸着するための蒸着源を設置し、混合領域の形成中に蒸発させればよい。

【0126】また、正孔注入領域または電子注入領域を形成する場合でも、各注入材料の蒸着源を同一の真空槽3210内に設置すればよい。例えば図32(b)において、陽極3202と正孔輸送領域3203との間に正孔注入領域を蒸着にて設ける場合は、陽極3202上に正孔注入材料を蒸着した後、インターバルをおかずにすぐ正孔輸送材料3221を蒸発させることで、不純物層の形成を避けることができる。

【0127】なお、以上で述べた混合領域には濃度勾配を形成することもできるので、ここで濃度勾配の形成手法の例について言及しておく。ここでは、抵抗加熱による真空蒸着で成膜できる場合について述べる。濃度勾配の形成手法に関しては、材料の蒸発温度と蒸着レート（通常、単位はnm/s）との相関がとれている場合、温度制御により蒸着レートを制御することも可能である。しかしながら、特に通常粉末形状で用いる有機材料の熱伝導性は悪く、温度による制御はむらを生じやすい。したがって、濃度勾配を形成する2種類の材料をそれぞれ別の蒸着源に用意し、シャッターを利用した蒸着レート制御（膜厚は水晶振動子によってモニターする）で行うことが好ましい。その形態を図11に示す。

【0128】図11では、図24で示した素子構造を例

に、濃度勾配の形成手法を説明する。したがって、図11中では図24で用いた符号を引用する。まず、成膜室1110内に、陽極1102を有する基板1101を搬入し、固定台1111にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。

【0129】次に、正孔輸送材料1116を設置した試料室a1112を加熱し、シャッターa1114を開けることにより、正孔輸送材料1116からなる正孔輸送領域2405を成膜する。この時、電子輸送材料1117を設置した試料室b1113も同時に加熱しておくが、シャッターb1115は閉じておく。

【0130】正孔輸送領域2405が所定の膜厚に達したあと、シャッターa1114を徐々に閉じると同時に、シャッターb1115を徐々に開いていく。この時の開閉速度により、混合領域2407の濃度勾配を形成する。その開閉速度は、シャッターa1114が完全に閉じる頃に、混合領域2407が所定の膜厚に達するように、かつ、電子輸送材料1117が所定の蒸着レート（電子輸送領域2406を蒸着する際のレート）に達するように、設定すればよい。その後は、シャッターb1115を開けたまま電子輸送領域2406を形成して、図24の素子構造において濃度勾配を形成した素子が可能になる。

【0131】なお、この方法は図24以外の素子構造において、濃度勾配を形成する場合も全て適用可能である。また、バイポーラー性混合層あるいは混合領域に発光材料をドーピングするような場合は、図11の蒸着源をさらに一つ増やし、ドーピング時間帯のみドーパントの蒸着源のシャッターを開ければよい。

【0132】ただし、濃度勾配を形成する手段は、この手法のみに限らない。

【0133】ところで、上で述べたようないくつかの実施の形態は、複合して用いることも可能である。例えば、正孔輸送性混合層、電子輸送性混合層、バイポーラー性混合層を組み合わせて適用する手法である。その一例を図8に示す。

【0134】図8に示す素子構造は、陽極802を有する基板801上に、正孔注入材料811および正孔輸送材料812からなる正孔輸送性混合層803、正孔輸送材料812および電子輸送材料813からなるバイポーラー性混合層804、電子輸送材料813および電子注入材料814からなる電子輸送性混合層805、そして陰極806を積層したものである。

【0135】なお、本実施の形態においては、バイポーラー性混合層804内部に、発光材料815を少量ドーピングした発光領域807が設けられている。また、各層においては、グラフ810に示したような濃度勾配を形成した。なお、このような濃度勾配を形成した場合の、予想されるバンドダイアグラムの模式図を図19に示す。

【0136】本素子構造によって、従来ならば正孔注入層・正孔輸送層・電子輸送層・電子注入層という四層構造（図19(a)）が、三層構造（図19(b)）に収まるこ

となる。しかも、図19(b)に示されるとおり、各混合層内はなだらかなエネルギー障壁がなく、また、各混合層間は正孔輸送材料812および電子輸送材料813によって連続的に接合されており、キャリアの移動に有利である。

【0137】次に、上記のように各混合層を組み合わせるといふ素子を、三重項発光素子に適用した場合の実施の形態を説明する。通常、三重項発光素子の基本構造は、文献8に示されるとおり図9のような素子構造である。すなわち、基板901、陽極902、正孔輸送層903、ホスト材料に三重項発光材料をドーピングして形成される発光層904、ブロッキング層905、電子輸送層906、そして陰極907である。ブロッキング層905はブロッキング材料からなり、正孔をブロックして発光層904におけるキャリアの再結合効率を高めると同時に、発光層904において発生した分子励起子の拡散を防ぐ役割も果たす。また、電子輸送性の材料でもある。

【0138】図9の素子構造に対し、正孔注入層や電子注入層を設けることにより、さらに発光効率を高めることができる。しかしながら、ただでさえ図9に示すような5層構造である上に、さらに層を増やすことによって、界面の数はさらに増加してしまう。そこで、本発明を適用する。

【0139】すなわち、図9において、正孔輸送層903を正孔注入材料と正孔輸送材料とからなる正孔輸送性混合層とする、発光層904を正孔輸送材料と発光層のホスト材料とからなるバイポーラー性混合層とする、電子輸送層906を電子輸送材料と電子注入材料とからなる電子輸送性混合層とする、などの手法である。三重項発光材料は、発光層のホスト材料が存在する部分にドーピングすればよい。また、図2～図4に示したように、各混合層に濃度勾配を形成することも有効である。

【0140】なお、図9においては、ブロッキング層905は単独の層として用いているが、本発明を実施する場合、発光層のホスト材料と混合してもよい（すなわち、ブロッキング性混合層を形成してもよい）。ただし、分子励起子の拡散を防ぐ観点から、陰極側においてブロッキング材料が高濃度となるように、濃度勾配を形成することが好ましい。

【0141】以上をふまえ、各混合層を組み合わせるといふ素子を三重項発光素子に適用した実施の形態の一例を図10に示す。すなわち、陽極1002を有する基板1001上に、正孔注入材料1011および正孔輸送材料1012からなる正孔輸送性混合層1003、正孔輸送材料1012およびホスト材料1013からなるバイポーラー性混合層1004、ホスト材料1013およびブロッキング材料1014からなるブロッキング性混合層1005、ブロッキング材料1014（この場合、電子輸送材料も兼ねている）および電子注入材料1015からなる電子輸送性混合層1006、そして陰極1007を積層したものである。各層には、グラフ1010に示すような濃度

勾配を形成した。

【0142】なお、本実施の形態は三重項発光素子であるため、三重項発光材料1016を少量ドーピングした発光領域1008が設けてある。発光領域1008は、図10で示されているようにホスト材料1013の濃度が高い領域に設置することが好ましい。また、グラフ1010に示したような濃度勾配を形成した場合の、予想されるバンドダイアグラムの模式図を図20(b)に示す。

【0143】本素子構造によって、従来ならば正孔注入層・正孔輸送層・発光層・ブロッキング層（電子輸送層を兼ねる）・電子注入層という五層構造（図20(a)）が、四層構造（図20(b)）に収まることになる。しかも、図20(b)に示されるとおり、各混合層内はなだらかなエネルギー障壁がなく、また、各混合層間は正孔輸送材料1012、ホスト材料1013、およびブロッキング材料1014（電子輸送材料を兼ねている）によって連続的に接合されており、キャリアの移動に有利である。

【0144】最後に、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極の構成材料などに好適な材料を以下に列挙する。ただし、本発明の有機発光素子に用いる材料は、これらに限定されない。

【0145】正孔注入材料としては、有機化合物であればポルフィリン系の化合物が有効であり、フタロシアニン（略称；H2Pc）、銅フタロシアニン（略称；CuPc）などがある。導電性高分子化合物に化学ドーピングを施した材料もあり、ポリスチレンスルホン酸（略称；PSS）をドーピングしたポリエチレンジオキシチオフェン（略称；PEDOT）や、ポリアニリン（略称；PAni）、ポリビニルカルバゾール（略称；PVK）などが挙げられる。また、絶縁体の高分子化合物も陽極の平坦化の点で有効であり、ポリイミド（略称；PI）がよく用いられる。さらに、無機化合物も用いられ、金や白金などの金属薄膜の他、酸化アルミニウム（アルミナ）の超薄膜などがある。

【0146】正孔輸送材料として最も広く用いられているのは、芳香族アミン系（すなわち、ベンゼン環一窒素の結合を有するもの）の化合物である。広く用いられている材料として、先に述べたTPDの他、その誘導体である4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル（略称； α -NPD）や、4, 4', 4'-トリリス(N, N-ジフェニル-アミノ)-トリフェニルアミン（略称；TDATA）、4, 4', 4'-トリリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-トリフェニルアミン（略称；MTDATA）などのスターバースト型芳香族アミン化合物が挙げられる。

【0147】電子輸送材料としては、金属錯体がよく用いられ、先に述べたAlq₃の他、トリリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム（略称；Al(mq₃))、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト)ベリ

リウム（略称；Be(Bq)₂）などのキノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体や、混合配位子錯体であるビス（2-メチル-8-キノリノラト）-（4-フェニルフェノラト）-アルミニウム（略称；BAIq）などがある。また、ビス〔2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾオキサゾラト〕亜鉛（略称；Zn(BOX)₂）、ビス〔2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾチアゾラト〕亜鉛（略称；Zn(BTZ)₂）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体もある。さらに、金属錯体以外にも、2-（4-ビフェニル）-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1, 3, 4-オキサジアゾール（略称；PBD）、1, 3-ビス〔5-（p-tert-ブチルフェニル）-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル〕ベンゼン（略称；OXD-7）などのオキサジアゾール誘導体、5-（4-ビフェニル）-3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-フェニル-1, 2, 4-トリアゾール（略称；TAZ）、5-（4-ビフェニル）-3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-（4-エチルフェニル）-1, 2, 4-トリアゾール（略称；p-EtTAZ）などのトリアゾール誘導体、バソフェナントロリン（略称；BPhen）・バソキュープロイン（略称；BCP）と記す）などのフェナントロリン誘導体が電子輸送性を有する。

【0148】電子注入材料としては、上で述べた電子輸送材料を用いることができる。その他に、フッ化リチウムなどのアルカリ金属ハロゲン化合物や、酸化リチウムなどのアルカリ金属酸化物のような絶縁体の、超薄膜がよく用いられる。また、リチウムアセチルアセトネート（略称；Li(acac)）や8-キノリノラト-リチウム（略称；Li_q）などのアルカリ金属錯体も有効である。

【0149】ブロッキング材料としては、上で述べたBAIq、OXD-7、TAZ、p-EtTAZ、BPhen、BCPなどが、励起エネルギーレベルが高いため有効である。

【0150】発光材料（ドープメントとして用いるものも含む）としては、先に述べたAlq₃、Al(mq)₃、Be(Bq)₂、BAIq、Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂などの金属錯体の他、各種蛍光色素が有効である。また、三重項発光材料も可能であり、白金ないしはイリジウムを中心金属とする錯体が主体である。三重項発光材料としては、トリス（2-フェニルピリジン）イリジウム（略称；Ir(ppy)₃）、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-21H, 23H-ポルフィリン-白金（略称；PtOEP）などが知られている。

【0151】以上で述べたような各機能を有する材料を、各々組み合わせ、本発明の有機発光素子に適用することにより、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を作製することができる。

【0152】

【実施例】【実施例1】本実施例では、発明の実施の形態において図5で示したような、正孔輸送性混合層を適

用した素子を具体的に例示する。

【0153】まず、ガラス基板501上にインジウム錫酸化物（以下、「ITO」と記す）をスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極502とする。次に、正孔注入材料であるCuPcと正孔輸送材料であるα-NPDを1:1の蒸着レート比で共蒸着することにより、正孔輸送性混合層503を形成する。膜厚は50nmとする。

【0154】さらに発光層504として、Alq₃にルブレンを5wt%ドープした層を10nm積層する。最後に、電子輸送層505としてAlq₃を40nm、陰極506としてAl:Li合金（Liは質量比で0.5wt%）を150nm程度成膜することにより、ルブレンに由来する黄色発光の有機発光素子を作製できる。

【0155】【実施例2】本実施例では、発明の実施の形態において図6で示したような、電子輸送性混合層を適用した素子を具体的に例示する。

【0156】まず、ガラス基板601上にITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極602とする。次に、正孔輸送材料であるα-NPDを50nm成膜することにより、正孔輸送層603を形成する。

【0157】さらに、発光層604としてペリレンを10nm積層したあと、電子輸送材料であるBPhenと電子注入材料であるAlq₃を1:1の蒸着レート比で共蒸着することにより、電子輸送性混合層605を形成する。膜厚は40nmとする。最後に、陰極606としてAl:Li合金（Liは重量比で0.5wt%）を150nm程度成膜することにより、ペリレンに由来する青色発光の有機発光素子を作製できる。

【0158】【実施例3】本実施例では、図24で示した有機発光素子において、陽極2402と有機化合物層2403との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を挿入した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0159】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2402を形成したガラス基板2401を用意する。この陽極2402を有するガラス基板2401を、図31において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、4種類の材料（3種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、4つの蒸着源が必要となる。

【0160】まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料であるα-NPDの蒸着を0.3nm/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0161】α-NPDのみからなる正孔輸送領域2405を30nm形成した後、α-NPDの蒸着レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるAlq₃の蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、α-NPDとAlq₃のレート比率が1:1となるような混合領域2407を、共蒸着にて形成することになる。

【0162】混合領域2407が30nmに達した後、 α -NPDの方は蒸着を終了し、Alq₃のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2406を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、Alq₃に由来する緑色発光の有機発光素子を得る。

【0163】〔実施例4〕本実施例では、図29(a)で示した有機発光素子において、陽極2702と有機化合物層2703との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を挿入した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0164】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2702を形成したガラス基板2701を用意する。この陽極2702を有するガラス基板2701を、図32において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料（4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0165】まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料である α -NPDの蒸着を0.3nm/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0166】 α -NPDのみからなる正孔輸送領域2705を30nm形成した後、 α -NPDの蒸着レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるAlq₃の蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、 α -NPDとAlq₃のレート比率が1:1となるような混合領域2707を、共蒸着にて形成することになる。同時に、蛍光色素である4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン（略称：DCM）を、発光材料2708として添加しておく。割合は、重量比率にして、Alq₃:DCM=50:1となるように蒸着レートを制御する。

【0167】混合領域2707が30nmに達した後、 α -NPDおよびDCMは蒸着を終了し、Alq₃のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2706を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、DCMに由来する赤色発光の有機発光素子を得る。

【0168】〔実施例5〕本実施例では、図29(b)で示した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0169】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2702を形成したガラス基板2701を用意する。この陽極2702を有するガラス基板2701を、図32において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、4種類の材料（3種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、4つの蒸着源が必要となる。

【0170】まず、正孔輸送材料である α -NPDのみか

らなる正孔輸送領域2705を40nm形成した後、 α -NPDの蒸着レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるAlq₃の蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、 α -NPDとAlq₃のレート比率が1:1となるような混合領域2707を、共蒸着にて形成することになる。

【0171】混合領域2707は30nm形成するが、この時、混合領域2707における中間の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、10nm~20nmの間）は、蛍光色素である4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン（以下、「DCM」と記す）を、発光材料2708として約1wt%程度の割合でドープしておく。

【0172】混合領域が30nmに達した後、 α -NPDの方は蒸着を終了し、Alq₃のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2706を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、DCMに由来する赤色発光の有機発光素子を得る。

【0173】〔実施例6〕本実施例では、発明の実施の形態において図26(a)で示したような混合領域を適用した素子に対し、濃度勾配を施したものを具体的に例示する。なお、濃度勾配を形成するため、図11で示したような装置を用いて素子を作製する。本実施例の場合は、正孔輸送材料、電子輸送材料、および発光材料の3種類の蒸着源を必要とする。

【0174】まず、ガラス基板2601上にITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2602とする。次に、正孔輸送材料である α -NPDを40nm成膜することにより、正孔輸送領域2605を形成する。

【0175】さらに、発明の実施の形態において説明したように、正孔輸送材料（ α -NPD）の蒸着源のシャッターを徐々に閉じると同時に、電子輸送材料（本実施例ではAlq₃を用いる）の蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、 α -NPDとAlq₃とからなる濃度勾配を有する混合領域2607を20nm成膜する。この時、混合領域2607の厚み20nmの中間に位置する10nmの領域に、発光材料2608としてルブレンを約5wt%程度の割合でドープする。

【0176】混合領域が20nmに達したあと、電子輸送材料（Alq₃）の蒸着源のシャッターのみを開けた状態で、Alq₃で構成される電子輸送領域2606を形成する。最後に、陰極2604としてAl:Li合金（Liは重量比で0.5wt%）を150nm程度成膜することにより、ルブレンに由来する黄色発光の有機発光素子を作製できる。

【0177】〔実施例7〕本実施例では、図26(b)で示した有機発光素子において、陽極2602と有機化合物層2603との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を挿入し、陰極2604と有機化合物層2603との間に電子注入材料からなる電子注入領域を挿入した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0178】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2602を形成したガラス基板2601を用意する。この陽極2602を有するガラス基板2601を、図31において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、7種類の材料（6種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、7つの蒸着源が必要となる。

【0179】まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料であるTPDの蒸着を0.2nm/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0180】TPDのみからなる正孔輸送領域2605を30nm形成した後、TPDの蒸着レートは0.2nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるBeBq₂の蒸着も0.8nm/sにて開始する。すなわち、TPDとBeBq₂のレート比率が1:4となるような混合領域2607を、共蒸着にて形成することになる。

【0181】混合領域2607は30nm形成するが、この時、混合領域2607における中間の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、10nm～20nmの間）は、蛍光色素であるルブレンを、発光材料2608として約5wt%の割合でドーブしておく。また、混合領域2607における最後の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、20nm～30nmの間）は、ブロッキング材料2609として、BCPをドーブしておく。BCPドーブ時の各材料の蒸着レート比は、TPD:BeBq₂:BCP=1:4:3とする。

【0182】混合領域2607が30nmに達した後、TPDおよびBCPの方は蒸着を終了し、BeBq₂のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2606を形成する。厚さは40nmとする。BeBq₂の蒸着を終了すると同時に、インターバルをおかずに、電子注入材料であるLi(acac)の蒸着を開始して2nm程度蒸着する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0183】最後に、陰極としてアルミニウムを150nm程度蒸着することにより、ルブレンに由来する黄色発光の有機発光素子を得る。

【0184】[実施例8] 本実施例では、図30(b)で示した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0185】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2702を形成したガラス基板2701を用意する。この陽極2702を有するガラス基板2701を、図32において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料（4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0186】まず、正孔輸送材料であるMTDATAのみからなる正孔輸送領域2705を40nm形成した後、MTDATAの蒸着

レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるPBDの蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、MTDATAとPBDの比率が1:1となるような混合領域2707を、共蒸着にて形成することになる。

【0187】混合領域2707は30nm形成するが、この時、混合領域2707における中間の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、10nm～20nmの間）は、蛍光色素であるペリレンを発光材料2708として添加するが、その割合は、MTDATA:PBD:ペリレン=4:16:1となるように蒸着レートを制御する。また、混合領域2707における最後の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、20nm～30nmの間）は、ブロッキング材料2709としてBCPを添加するが、そのレート比率は、MTDATA:PBD:BCP=1:4:5とする。

【0188】混合領域が30nmに達した後、MTDATAおよびBCPの方は蒸着を終了し、PBDのみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2706を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、ペリレンに由来する青色発光の有機発光素子を得る。

【0189】[実施例9] 本実施例では、発明の実施の形態において図8で示したような、正孔輸送性混合層・バイポーラー性混合層・電子輸送性混合層を複合して適用した素子を具体的に例示する。なお、本実施例では濃度勾配（図8中のグラフ810）を形成するため、実施例3と同様、図11にて示したようなシャッター付きの蒸着源を用いる。

【0190】まず、ガラス基板801上にITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極802とする。次に、正孔注入材料811であるCuPcと正孔輸送材料812である α -NPDとからなる正孔輸送性混合層803を、40nm成膜する。この時、シャッターの開閉によりグラフ810のような濃度勾配を形成する。

【0191】今度は、 α -NPDの蒸着源のシャッターを徐々に閉じると同時に、電子輸送材料813であるAlq₃の蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、濃度勾配を有するバイポーラー性混合層804を20nm成膜する。この時、バイポーラー性混合層804の厚み20nmの中間に位置する10nmの領域807は、発光材料815である4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン（以下、「DCM」と記す）を1wt%の割合でドーブする。

【0192】バイポーラー性混合層804が20nmに達したあと、Alq₃のシャッターのみを開けた状態でAlq₃を35nm蒸着する。最後の5nmの領域において、Alq₃の蒸着源のシャッターを徐々に閉じると同時に、電子注入材料814であるLi(acac)の蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、合計40nmの電子輸送性混合層805を形成する。すなわち、Li(acac)の濃度勾配を急峻に設定することになる（グラフ810では電子注入材料814の傾きが一

定であるような図示であるが、本実施例では最後の方だけ急激に立ち上がることになる）。

【0193】最後に、陰極806としてAlを150nm程度成膜することにより、DCMに由来する赤色発光の有機発光素子を作製できる。

【0194】〔実施例10〕本実施例では、図29(b)で示した有機発光素子において、陽極2702と有機化合物層2703との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を、陰極2704と有機化合物層との間に電子注入材料からなる電子注入領域を、それぞれ挿入し、かつ、発光材料として三重項発光材料を適用した有機発光素子の例を、具体的に例示する。その素子構造を図33に示す。

【0195】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、ITO（陽極）を形成したガラス基板を用意する。このITOを有するガラス基板を、図32において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、7種類の材料（5種類は有機化合物であり、2種類は陰極となる無機材料）を蒸着するため、7つの蒸着源が必要となる。

【0196】まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料である α -NPDの蒸着を0.3nm/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0197】 α -NPDのみからなる正孔輸送領域を30nm形成した後、 α -NPDの蒸着レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるBAIqの蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、 α -NPDとBAIqのレート比率が1:1となるような混合領域（ α -NPD+BAIq）を、共蒸着にて形成することになる。

【0198】混合領域は20nm形成するが、この時、混合領域における中間の10nm（つまり、混合領域20nmのうち、5nm～15nmの間）は、三重項発光材料であるIr(ppp)₃を、発光材料として添加しておく。その割合は、重量比率にして、BAIq:Ir(ppp)₃=50:7とする。

【0199】混合領域が20nmに達した後、 α -NPDおよびIr(ppp)₃の方は蒸着を終了し、BAIqのみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域を形成する。厚さは20nmとする。BAIqの蒸着を終了すると同時に、インターバルをおかずに、電子注入材料であるAlq₃の蒸着を開始して30nm程度蒸着する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0200】最後に、LiFを1nm程度、アルミニウムを150nm程度蒸着することにより、陰極を形成し、Ir(ppp)₃に由来する緑色発光の三重項発光素子を得る。

【0201】〔実施例11〕本実施例では、発明の実施の形態において図9で示したような三重項発光素子に、本発明を適用した素子を具体的に例示する。その素子構造を図10に示す。なお、本実施例では濃度勾配（図1

0中のグラフ1010）を形成するため、図11にて示したようなシャッター付きの蒸着源を用いる。

【0202】まず、ガラス基板1001上にITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極1002とする。次に、正孔注入材料1011であるCuPcと正孔輸送材料1012である α -NPDとからなる正孔輸送性混合層1003を、40nm成膜する。この時、シャッターの開閉によりグラフ1010のような濃度勾配を形成する。

【0203】引き続き、 α -NPDの蒸着レートを徐々に減少しつつ、三重項発光材料のホスト材料1013である4,4'-N,N'-ジカルバゾール-ビフェニル（以下、「CBP」と記す）の蒸着レートを上げていくことにより、 α -NPDとCBPとからなる濃度勾配を有するバイポーラー性混合層1004を20nm形成する。今度は、CBPの蒸着レートを減少させつつ、ブロッキング材料1014であるBCPの蒸着レートを上げていくことにより、CBPとBCPとからなる濃度勾配を有するブロッキング性混合層1005を形成する。膜厚は10nmとする。

【0204】本実施例は三重項発光素子であるため、バイポーラー性混合層1004およびブロッキング性混合層1005を形成する間に、三重項発光材料1016であるトリス（2-フェニルピリジン）イリジウム（以下、「Ir(ppp)₃」と記す）をドーピングする。そのドーピング領域1008は、ホスト材料であるCBPの濃度が高い領域、すなわち、バイポーラー性混合層1004とブロッキング性混合層1005との境界付近が最も適している。本実施例では、前記境界の±5nm、合計10nmをドーピング領域1008とし、6wt%ドーピングする。

【0205】さらに、電子輸送性混合層1006は、電子輸送能力の高いBCPおよびAlq₃から構成する。BCPの濃度は陽極から離れるに従い小さくなり、Alq₃の濃度は逆に大きくなるように濃度勾配を形成する。すなわちこの場合、BCPはブロッキング材料かつ電子輸送材料、Alq₃は電子注入材料1015の役割を果たしている。電子輸送性混合層1006の膜厚は40nmとする。

【0206】最後に、陰極1007としてAl:Li合金（Liは重量比で0.5wt%）を150nm程度成膜することにより、Ir(ppp)₃に由来する緑色の三重項発光を呈する有機発光素子を作製できる。

【0207】〔実施例12〕本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置について説明する。図12(a)は本発明の有機発光素子を用いたアクティブマトリクス型発光装置の断面図である。なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ（以下、「TFT」と記す）を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。

【0208】また、TFTとしてトップゲート型TFT（具体的にはプレーナ型TFT）を例示するが、ボトムゲート型TFT（典型的には逆スタガ型TFT）を用いることもできる。

【0209】図12(a)において、1201は基板であり、ここでは可視光を透過する基板を用いる。具体的には、ガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板もしくはプラスチック基板（プラスチックフィルムを含む）を用いればよい。なお、基板1201とは、表面に設けた絶縁膜も含めるものとする。

【0210】基板1201の上には画素部1211および駆動回路1212が設けられている。まず、画素部1211について説明する。

【0211】画素部1211は画像表示を行う領域である。基板上には複数の画素が存在し、各画素には有機発光素子に流れる電流を制御するためのTFT（以下、「電流制御TFT」と記す）1202、画素電極（陽極）1203、有機化合物層1204および陰極1205が設けられている。なお、図12(a)では電流制御TFTしか図示していないが、電流制御TFTのゲートに加わる電圧を制御するためのTFT（以下、「スイッチングTFT」と記す）を設けている。

【0212】電流制御TFT1202は、ここではpチャネル型TFTを用いることが好ましい。nチャネル型TFTとすることも可能であるが、図12(a)のように有機発光素子の陽極に電流制御TFTを接続する場合は、pチャネル型TFTの方が消費電力を押さえることができる。ただし、スイッチングTFTはnチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでもよい。

【0213】また、電流制御TFT1202のドレインには画素電極1203が電気的に接続されている。本実施例では、画素電極1203の材料として仕事関数が4.5～5.5eVの導電性材料を用いるため、画素電極1203は有機発光素子の陽極として機能する。画素電極1203として代表的には、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物（ITOなど）を用いればよい。画素電極1203の上には有機化合物層1204が設けられている。

【0214】さらに、有機化合物層1204の上には陰極1205が設けられている。陰極1205の材料としては、仕事関数が2.5～3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。陰極1205として代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。

【0215】また、画素電極1203、有機化合物層1204、および陰極1205からなる層は、保護膜1206で覆われている。保護膜1206は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。保護膜1206の材料としては、窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化タンタル、もしくは炭素（具体的にはダイヤモンドライクカーボン）を用いる。

【0216】次に、駆動回路1212について説明する。駆動回路1212は画素部1211に伝送される信号（ゲート信号およびデータ信号）のタイミングを制御する領域であり、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイ

ッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタが設けられている。図12(a)では、これらの回路の基本単位としてnチャネル型TFT1207およびpチャネル型TFT1208からなるCMOS回路を示している。

【0217】なお、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタの回路構成は、公知のものでよい。また図12(a)では、同一の基板上に画素部1211および駆動回路1212を設けているが、駆動回路1212を設けずにICやLSIを電気的に接続することもできる。

【0218】また、図12(a)では電流制御TFT1202に画素電極（陽極）1203が電気的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、画素電極を陰極1205と同様の材料で形成し、陰極を画素電極（陽極）1203と同様の材料で形成すればよい。その場合、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0219】ところで、図12(a)に示した発光装置は、画素電極1203を形成した後に配線1209を形成する工程で作製されたものを示してあるが、この場合、画素電極1203が表面荒れを起こす可能性がある。有機発光素子は電流駆動型の素子であるため、画素電極1203の表面荒れにより、特性が悪くなることも考えられる。

【0220】そこで、図12(b)に示すように、配線1209を形成した後に画素電極1203を形成する発光装置も考えられる。この場合、図12(a)の構造に比べて、画素電極1203からの電流の注入性が向上すると考えられる。

【0221】また、図12においては、正テーパー型の土手状構造1210によって、画素部1211に設置されている各画素を分離している。この土手状構造を、例えば逆テーパー型のような構造にすることにより、土手状構造が画素電極に接しない構造をとることもできる。その一例を図34に示す。

【0222】図34では、配線を利用して分離部を兼ねた、配線および分離部3410を設けた。図34で示されるような配線および分離部3410の形状（ひさしのある構造）は、配線を構成する金属と、前記金属よりもエッチレートの高い材料（例えば金属窒化物）とを積層し、エッチングすることにより形成することができる。この形状により、画素電極3403や配線と、陰極3405とが、ショートすることを防ぐことができる。なお、図34においては、通常のアクティブマトリクス型の発光装置と異なり、画素上の陰極3405をストライプ状（パッシブマトリクスの陰極と同様）にする構造になる。

【0223】ここで、図12(b)に示したアクティブマトリクス型発光装置の外観を図13に示す。なお、図13(a)には上面図を示し、図13(b)には図13(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。また、図12の符号を引用する。

【0224】図13(a)において、1301は画素部、1302

はゲート信号側駆動回路、1303はデータ信号側駆動回路である。また、ゲート信号側駆動回路1302およびデータ信号側駆動回路1303に伝送される信号は、入力配線1304を介してTAB (Tape Automated Bonding) テープ1305から入力される。なお、図示しないが、TABテープ1305の代わりに、TABテープにIC (集積回路) を設けたTCP (Tape Carrier Package) を接続してもよい。

【0225】このとき、1306は図12(b)に示した有機発光素子の上方に設けられるカバー材であり、樹脂からなるシール材1307により接着されている。カバー材1306は酸素および水を透過しない材質であれば、いかなるものを用いてもよい。本実施例では、カバー材1306は図13(b)に示すように、プラスチック材1306aと、前記プラスチック材1306aの表面および裏面に設けられた炭素膜 (具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜) 1306b、1306cからなる。

【0226】さらに、図13(b)に示すように、シール材1307は樹脂からなる封止材1308で覆われ、有機発光素子を完全に密閉空間1309に封入するようになっている。密閉空間1309は不活性ガス (代表的には窒素ガスや希ガス)、樹脂または不活性液体 (例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素) を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

【0227】また、本実施例に示した発光装置の表示面 (画像を観測する面) に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0228】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0229】〔実施例13〕本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置の例として、アクティブマトリクス型発光装置を例示するが、実施例12とは異なり、能動素子が形成されている基板とは反対側から光を取り出す構造 (以下、「上方出射」と記す) の発光装置を示す。図35にその断面図を示す。

【0230】なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ (以下、「TFT」と記す) を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。また、TFTとしてトップゲート型TFT (具体的にはプレーナ型TFT) を例示するが、ボトムゲート型TFT (典型的には逆スタガ型TFT) を用いることもできる。

【0231】本実施例において、基板3501、画素部に形成された電流制御TFT3502、および駆動回路3512に関しては、実施例12と同様の構成でよい。

【0232】電流制御TFT3502のドレインに接続されている第一電極3503であるが、本実施例では陽極として用いるため、仕事関数がより大きい導電性材料を用いることが好ましい。その代表例として、ニッケル、パラジウム、タングステン、金、銀などの金属が挙げられる。本実施例では、第一電極3503は光を透過しないことが好ましいが、それに加えて、光の反射性の高い材料を用いることがさらに好ましい。

【0233】第一電極3503の上には有機化合物層3504が設けられている。さらに、有機化合物層3504の上には第二電極3505が設けられており、本実施例では陰極とする。その場合、第二電極3505の材料としては、仕事関数が2.5~3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。ただし、本実施例は上方出射であるため、第二電極3505が光透過性であることが大前提である。したがって、これらの金属を用いる場合は、20nm程度の超薄膜であることが好ましい。

【0234】また、第一電極3503、有機化合物層3504、および第二電極3505からなる層は、保護膜3506で覆われている。保護膜3506は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。本実施例では、光を透過するものであればいかなるものを用いてもよい。

【0235】なお、図35では電流制御TFT3502に第一電極 (陽極) 3503が電気的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、第一電極を陰極の材料で形成し、第二電極を陽極の材料で形成すればよい。このとき、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0236】さらに、3507はカバー材であり、樹脂からなるシール材3508により接着されている。カバー材3507は酸素および水を透過しない材質で、かつ、光を透過する材質であればいかなるものを用いてもよい。本実施例ではガラスを用いる。密閉空間3509は不活性ガス (代表的には窒素ガスや希ガス)、樹脂または不活性液体 (例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素) を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

【0237】なお、ゲート信号側駆動回路およびデータ信号側駆動回路に伝送される信号は、入力配線3513を介してTAB (Tape Automated Bonding) テープ3514から入力される。なお、図示しないが、TABテープ3514の代わりに、TABテープにIC (集積回路) を設けたTCP (Tape Carrier Package) を接続してもよい。

【0238】また、本実施例に示した発光装置の表示面 (画像を観測する面) に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的に

は、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0239】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【実施例14】

【0240】本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置の例として、パッシブマトリクス型発光装置を例示する。図14(a)にはその上面図を示し、図14(b)には図14(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。

【0241】図14(a)において、1401は基板であり、ここではプラスチック材を用いる。プラスチック材としては、ポリイミド、ポリアミド、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、PES(ポリエチレンサルファイド)、PC(ポリカーボネート)、PET(ポリエチレンテレフタレート)もしくはPEN(ポリエチレンナフタレート)を板状、もしくはフィルム上にしたものが使用できる。

【0242】1402は酸化導電膜からなる走査線(陽極)であり、本実施例では酸化亜鉛に酸化ガリウムを添加した酸化物導電膜を用いる。また、1403は金属膜からなるデータ線(陰極)であり、本実施例ではビスマス膜を用いる。また、1404はアクリル樹脂からなるバンクであり、データ線1403を分断するための隔壁として機能する。走査線1402とデータ線1403は両方とも、ストライプ状に複数形成されており、互いに直交するように設けられている。なお、図14(a)では図示していないが、走査線1402とデータ線1403の間には有機化合物層が挟まれており、交差部1405が画素となる。

【0243】そして、走査線1402およびデータ線1403はTABテープ1407を介して外部の駆動回路に接続される。なお、1408は走査線1402が集合してなる配線群を表しており、1409はデータ線1403に接続された接続配線1406の集合からなる配線群を表す。また、図示していないが、TABテープ1407の代わりに、TABテープにICを設けたTCPを接続してもよい。

【0244】また、図14(b)において、1410はシール材、1411はシール材1410によりプラスチック材1401に貼り合わされたカバー材である。シール材1410としては光硬化樹脂を用いていけばよく、脱ガスが少なく、吸湿性の低い材料が望ましい。カバー材としては基板1401と同一の材料が好ましく、ガラス(石英ガラスを含む)もしくはプラスチックを用いることができる。ここではプラスチック材を用いる。

【0245】次に、画素領域の構造の拡大図を図14(c)に示す。1413は有機化合物層である。なお、図14(c)に示すように、バンク1404は下層の幅が上層の幅よりも狭い形状になっており、データ線1403を物理的に分

断できる。また、シール材1410で囲まれた画素部1414は、樹脂からなる封止材1415により外気から遮断され、有機化合物層の劣化を防ぐ構造となっている。

【0246】以上のような構成からなる本発明の発光装置は、画素部1414が走査線1402、データ線1403、バンク1404および有機化合物層1413で形成されるため、非常に簡単なプロセスで作製することができる。

【0247】また、本実施例に示した発光装置の表示面(画像を観測する面)に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0248】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0249】【実施例15】本実施例では、実施例14で示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0250】図15(a)に示すモジュールは、基板1501(ここでは、画素部1502、配線1503a、1503bを含む)にTABテープ1504が取り付けられ、前記TABテープ1504を介してプリント配線板1505が取り付けられている。

【0251】ここで、プリント配線板1505の機能ブロック図を図15(b)に示す。プリント配線板1505の内部には少なくともI/Oポート(入力もしくは出力部)1506、1509、データ信号側駆動回路1507およびゲート信号側回路1508として機能するICが設けられている。

【0252】このように、基板面に画素部が形成された基板にTABテープが取り付けられ、そのTABテープを介して駆動回路としての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特に駆動回路外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0253】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0254】【実施例16】本実施例では、実施例12もしくは実施例13もしくは実施例14に示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0255】図16(a)に示すモジュールは、基板1601(ここでは、画素部1602、データ信号側駆動回路1603、ゲート信号側駆動回路1604、配線1603a、1604aを含む)にTABテープ1605が取り付けられ、そのTABテープ1605を介してプリント配線板1606が取り付けられている。プリント配線板1606の機能ブロック図を図16(b)に示す。

【0256】図16(b)に示すように、プリント配線板1

606の内部には少なくともI/Oポート1607、1610、コントロール部1608として機能するICが設けられている。なお、ここではメモリ部1609を設けてあるが、必ずしも必要ではない。またコントロール部1608は、駆動回路の制御、映像データの補正などをコントロールするための機能を有した部位である。

【0257】このように、有機発光素子の形成された基板にコントローラとしての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特にコントローラ外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0258】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0259】【実施例17】本実施例では、実施例10および11で示したような三重項発光素子を、デジタル時間階調表示により駆動する発光装置の例を示す。本実施例の発光装置は、三重項励起状態からの発光を利用することによって高い発光効率を達成できると同時に、デジタル時間階調表示により均一な像を得ることができ、非常に有用である。

【0260】有機発光素子を用いた画素の、回路構成を図36(a)に示す。Trはトランジスタ、Csはストレージキャパシタを表す。図36(a)中の回路構成では、ソース線はトランジスタTr1のソース側に、ゲート線はトランジスタTr1のゲートに接続されている。また、電源供給線はストレージキャパシタCs、およびトランジスタTr2のソース側に接続されている。トランジスタTr2のドレイン側には本発明の有機発光素子の陽極が接続されているため、有機発光素子を挟んでトランジスタTr2の反対側は、陰極となっている。

【0261】この回路においては、ゲート線が選択されると、電流がソース線からTr1に流れ、その信号に対応する電圧がCsに蓄積される。そして、Tr2のゲートおよびソース間の電圧(V_{gs})により制御される電流が、Tr2および有機発光素子に流れることになる。

【0262】Tr1が選択されたあとは、Tr1はオフ状態となり、Csの電圧(V_{gs})が保持される。したがって、 V_{gs} に依存するだけの電流を流し続けることができる。

【0263】このような回路を、デジタル時間階調表示により駆動するチャートを図36(b)に示す。すなわち、1フレームを複数のサブフレームに分割するわけだが、図36(b)では、1フレームを6つのサブフレーム(SF1~SF6)に分割する6ビット階調とした。TAは書き込み時間である。この場合、それぞれのサブフレーム発光期間の割合は、図に示したように32:16:8:4:2:1となる。

【0264】本実施例におけるTFT基板の駆動回路の概要を図36(c)に示す。図36(c)中の基板構成では、本発明の有機発光素子を各画素とした画素部に対し、図3

6(a)で示したような電源供給線および陰極が接続されている。また、シフトレジスタは、シフトレジスタ→ラッチ1→ラッチ2→画素部の順で、画素部に接続されている。ラッチ1にはデジタル信号が入力され、ラッチ2に入力されるラッチパルスによって画像データを画素部に送り込むことができる。

【0265】ゲートドライバおよびソースドライバは同じ基板上に設けられている。本実施例では、画素回路およびドライバは、デジタル駆動するように設計されているため、TFT特性のばらつきの影響を受けることなく、均一な像を得ることができる。

【0266】【実施例18】本実施例では、本発明で開示した有機発光素子に一定の電流を流すことにより駆動する、アクティブマトリクス型の定電流駆動回路の例を示す。その回路構成を図37に示す。

【0267】図37に示す画素3710は、信号線Si、第1走査線Gj、第2走査線Pjおよび電源線Viを有している。また画素3710は、Tr1、Tr2、Tr3、Tr4、混合接合型の有機発光素子3711、および保持容量3712を有している。

【0268】Tr3とTr4のゲートは、共に第1走査線Gjに接続されている。Tr3のソースとドレインは、一方は信号線Siに、もう一方はTr2のソースに接続されている。またTr4のソースとドレインは、一方はTr2のソースに、もう一方はTr1のゲートに接続されている。つまり、Tr3のソースとドレインのいずれか一方と、Tr4のソースとドレインのいずれか一方とは、接続されている。

【0269】Tr1のソースは電源線Viに、ドレインはTr2のソースに接続されている。Tr2のゲートは第2走査線Pjに接続されている。そしてTr2のドレインは有機発光素子3711が有する画素電極に接続されている。有機発光素子3711は、画素電極と、対向電極と、画素電極と対向電極の間に設けられた有機化合物層とを有している。有機発光素子3711の対向電極は発光パネルの外部に設けられた電源によって一定の電圧が与えられている。

【0270】なお、Tr3とTr4は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。ただし、Tr3とTr4の極性は同じである。また、Tr1はnチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。Tr2は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。有機発光素子の画素電極と対向電極は、一方が陽極であり、他方が陰極である。Tr2がpチャネル型TFTの場合、陽極を画素電極として用い、陰極を対向電極として用いるのが望ましい。逆に、Tr2がnチャネル型TFTの場合、陰極を画素電極として用い、陽極を対向電極として用いるのが望ましい。

【0271】保持容量3712はTr1のゲートとソースとの間に形成されている。保持容量3712はTr1

のゲートとソースの間の電圧 (V_{gs}) をより確実に維持するために設けられているが、必ずしも設ける必要はない。

【0272】図37に示した画素では、信号線Siに供給される電流を信号線駆動回路が有する電流源において制御されている。

【0273】以上のような回路構成を適用することにより、有機発光素子に一定の電流を流して輝度を一定に保とうとする定電流駆動が可能となる。本発明で開示した混合領域を有する有機発光素子は従来の有機発光素子に比べて寿命が長い、上記のような定電流駆動を実施することでさらに長寿命化を図ることができるため、有効である。

【0274】[実施例19]上記実施例で述べた本発明の発光装置は、低消費電力で寿命が長いという利点を有する。したがって、前記発光装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも低い消費電力で動作可能であり、なおかつ長保ちする電気器具となる。特に電源としてバッテリーを使用する携帯機器のような電気器具に関しては、低消費電力化が便利さに直結する（電池切れが起こりにくい）ため、極めて有用である。

【0275】また、前記発光装置は、自発光型であることから液晶表示装置のようなバックライトは必要なく、有機化合物層の厚みも1 μ mに満たないため、薄型軽量化が可能である。したがって、前記発光装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも薄型軽量の電気器具となる。このことも、特に携帯機器のような電気器具に関して、利便さ（持ち運びの際の軽さやコンパクトさ）に直結するため、極めて有用である。さらに、電気器具全般においても、薄型である（かさばらない）ことは運送面（大量輸送が可能）、設置面（部屋などのスペース確保）からみても有用であることは疑いない。

【0276】なお、前記発光装置は自発光型であるために、液晶表示装置に比べて明るい場所での視認性に優れ、しかも視野角が広いという特徴を持つ。したがって、前記発光装置を表示部として有する電気器具は、表示の見やすさの点でも大きなメリットがある。

【0277】すなわち、本発明の発光装置を用いた電気器具は、薄型軽量・高視認性といった従来の有機発光素子の長所に加え、低消費電力・長寿命という特長も保有しており、極めて有用である。

【0278】本実施例では、本発明の発光装置を表示部として含む電気器具を例示する。その具体例を図17および図18に示す。なお、本実施例の電気器具に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した金属錯体のいずれを用いても良い。また、本実施例の電気器具に含まれる発光装置の形態は、図12～図16および図34～図37のいずれの形態を用いても良い。

【0279】図17(a)は有機発光素子を用いたディスプレイ装置であり、筐体1701a、支持台1702a、表示部17

03aを含む。本発明の発光装置を表示部1703aとして用いたディスプレイを作製することにより、薄く軽量で、長保ちするディスプレイを実現できる。よって、輸送が簡便になり、設置の際の省スペースが可能となる上に、寿命も長い。

【0280】図17(b)はビデオカメラであり、本体1701b、表示部1702b、音声入力部1703b、操作スイッチ1704b、バッテリー1705b、受像部1706bを含む。本発明の発光装置を表示部1702bとして用いたビデオカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のビデオカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【0281】図17(c)はデジタルカメラであり、本体1701c、表示部1702c、接眼部1703c、操作スイッチ1704cを含む。本発明の発光装置を表示部1702cとして用いたデジタルカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のデジタルカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【0282】図17(d)は記録媒体を備えた画像再生装置であり、本体1701d、記録媒体（CD、LD、またはDVDなど）1702d、操作スイッチ1703d、表示部(A)1704d、表示部(B)1705dを含む。表示部(A)1704dは主として画像情報を表示し、表示部(B)1705dは主として文字情報を表示する。本発明の発光装置をこれら表示部(A)1704dや表示部(B)1705dとして用いた前記画像再生装置を作製することにより、消費電力が少なく軽量な上に、長保ちする前記画像再生装置を実現できる。なお、この記録媒体を備えた画像再生装置には、CD再生装置、ゲーム機器なども含む。

【0283】図17(e)は携帯型（モバイル）コンピュータであり、本体1701e、表示部1702e、受像部1703e、操作スイッチ1704e、メモリスロット1705eを含む。本発明の発光装置を表示部1702eとして用いた携帯型コンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯型コンピュータを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。なお、この携帯型コンピュータはフラッシュメモリや不揮発性メモリを集積化した記録媒体に情報を記録したり、それを再生したりすることができる。

【0284】図17(f)はパーソナルコンピュータであり、本体1701f、筐体1702f、表示部1703f、キーボード1704fを含む。本発明の発光装置を表示部1703fとして用いたパーソナルコンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量のパーソナルコンピュータを実現できる。特に、ノートパソコンのように持ち歩く用途が必要な場合、電池の消費量や軽さの点で大きなメリットとなる。

【0285】なお、上記電気器具はインターネットなどの電子通信回線や電波などの無線通信を通じて配信される情報を表示することが多くなってきており、特に動画

情報を表示する機会が増えている。有機発光素子の応答速度は非常に速く、そのような動画表示に好適である。

【0286】次に、図18(a)は携帯電話であり、本体1801a、音声出力部1802a、音声入力部1803a、表示部1804a、操作スイッチ1805a、アンテナ1806aを含む。本発明の発光装置を表示部1804aとして用いた携帯電話を作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯電話を実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも楽になる上にコンパクトな本体にできる。

【0287】図18(b)は音響機器（具体的には車載用オーディオ）であり、本体1801b、表示部1802b、操作スイッチ1803b、1804bを含む。本発明の発光装置を表示部1802bとして用いた音響機器を作製することにより、消費電力が少なく、軽量の音響機器を実現できる。また、本実施例では車載用オーディオを例として示すが、家庭用オーディオに用いても良い。

【0288】なお、図17～図18で示したような電気器具において、さらに光センサを内蔵させ、使用環境の明るさを検知する手段を設けることで、使用環境の明るさに応じて発光輝度を変調させるような機能を持たせることは有効である。使用者は、使用環境の明るさに比べてコントラスト比で100～150の明るさを確保できれば、問題なく画像もしくは文字情報を認識できる。すなわち、使用環境が明るい場合は画像の輝度を上げて見やすくし、使用環境が暗い場合は画像の輝度を抑えて消費電力を抑えるといったことが可能となる。

【0289】また、本発明の発光装置を光源として用いた様々な電気器具も、低消費電力での動作や薄型軽量化が可能であるため、非常に有用と言える。代表的には、液晶表示装置のバックライトもしくはフロントライトといった光源、または照明機器の光源として本発明の発光装置を含む電気器具は、低消費電力の実現や薄型軽量化が可能である。

【0290】したがって、本実施例に示した図17～図18の電気器具の表示部を、全て液晶ディスプレイにする場合においても、その液晶ディスプレイのバックライトもしくはフロントライトとして本発明の発光装置を用いた電気器具を作製することにより、消費電力が少なく、薄くて軽量の電気器具が達成できる。

【0291】

【発明の効果】本発明を実施することで、消費電力が少ない上に、寿命も優れた発光装置を得ることができる。さらに、そのような発光装置を光源もしくは表示部に用

いることで、明るく消費電力が少ない上に、長保ちする電気器具を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】正孔注入層の役割を示す図。

【図2】濃度勾配を示す図。

【図3】濃度勾配を示す図。

【図4】濃度勾配を示す図。

【図5】有機発光素子の構造を示す図。

【図6】有機発光素子の構造を示す図。

【図7】有機発光素子の構造を示す図。

【図8】有機発光素子の構造を示す図。

【図9】有機発光素子の構造を示す図。

【図10】有機発光素子の構造を示す図。

【図11】蒸着装置を示す図。

【図12】発光装置の断面構造を示す図。

【図13】発光装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図14】発光装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図15】発光装置の構成を示す図。

【図16】発光装置の構成を示す図。

【図17】電気器具の具体例を示す図。

【図18】電気器具の具体例を示す図。

【図19】エネルギーバンドダイアグラムを示す図。

【図20】エネルギーバンドダイアグラムを示す図。

【図21】有機化合物層の状態を表す図。

【図22】蒸着装置を示す図。

【図23】不純物層の形成を示す図。

【図24】有機発光素子の構造を示す図。

【図25】有機化合物層の状態を表す図。

【図26】有機発光素子の構造を示す図。

【図27】有機発光素子の構造を示す図。

【図28】濃度プロファイルを示す図。

【図29】有機発光素子の構造を示す図。

【図30】有機発光素子の構造を示す図。

【図31】蒸着装置を示す図。

【図32】蒸着装置を示す図。

【図33】有機発光素子の構造を示す図。

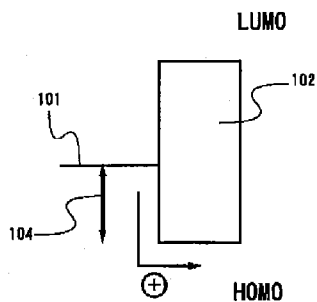
【図34】発光装置の断面構造を示す図。

【図35】発光装置の断面構造を示す図。

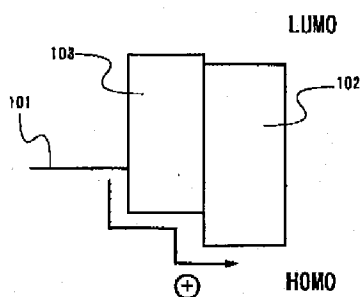
【図36】発光装置の構成を示す図。

【図37】発光装置の構成を示す図。

【図1】

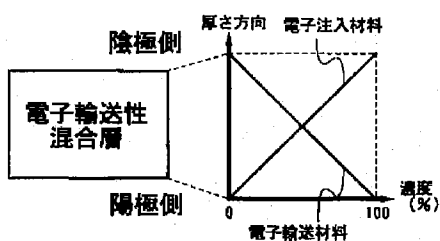


(a)

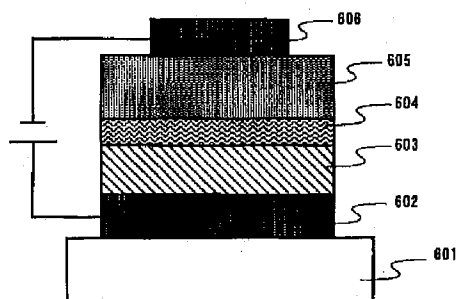


(b)

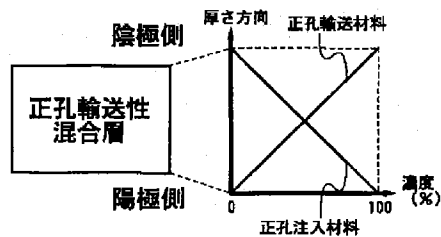
【図3】



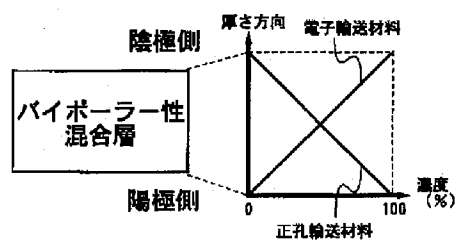
【図6】



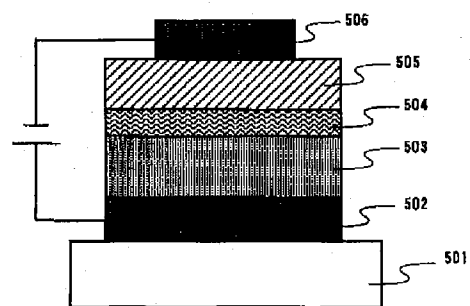
【図2】



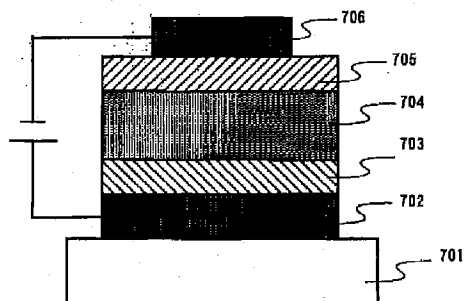
【図4】



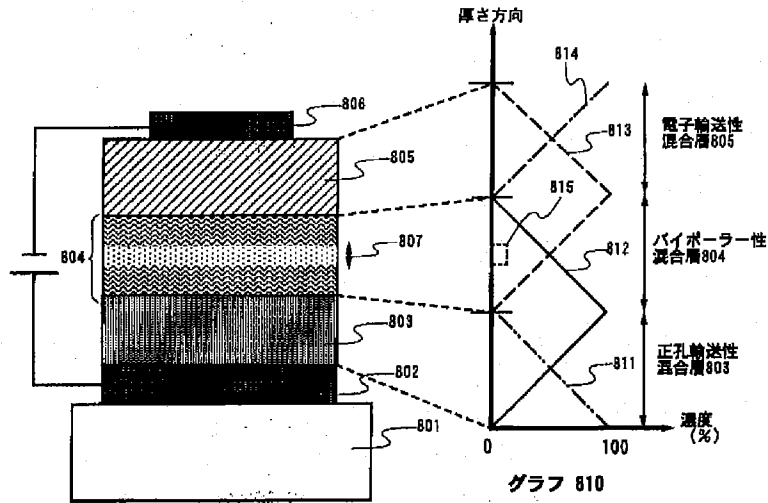
【図5】



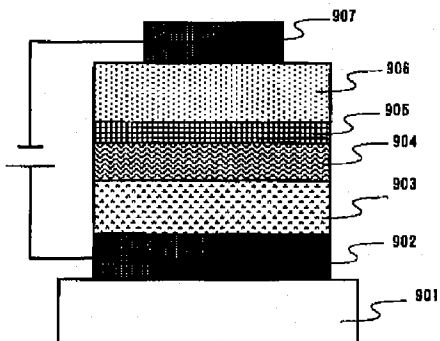
【図7】



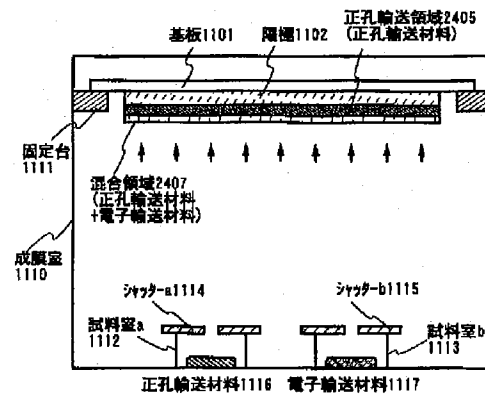
【図8】



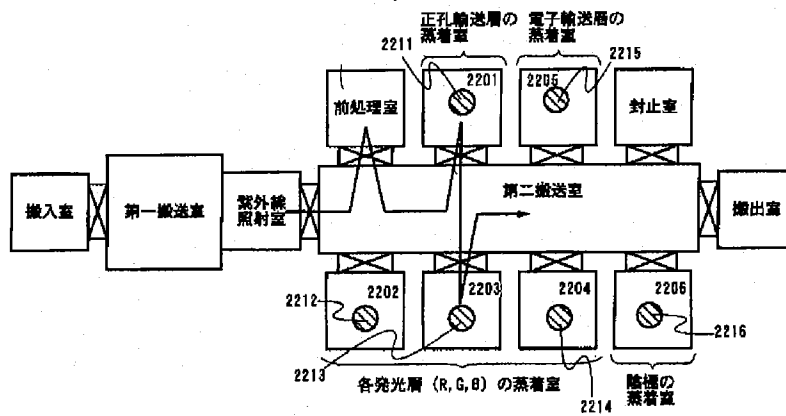
【図9】



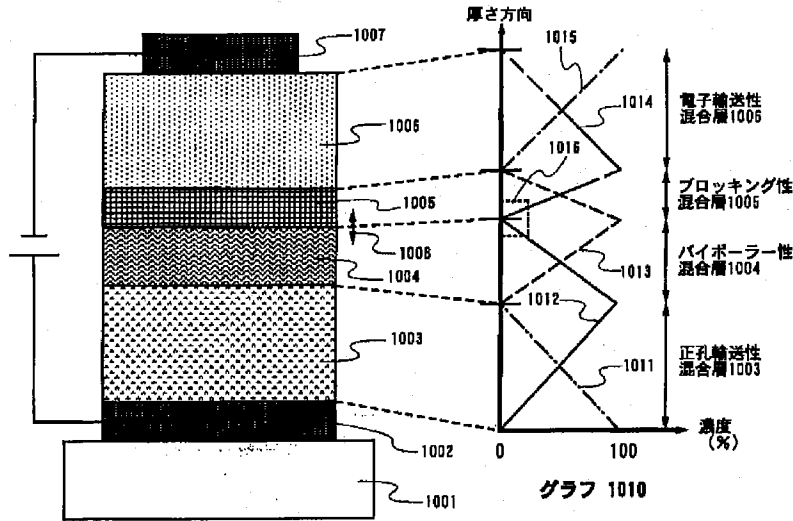
【図11】



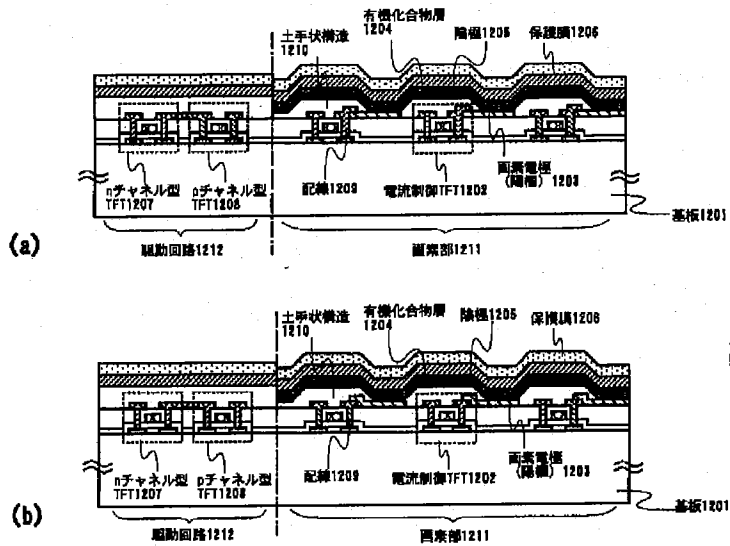
【図22】



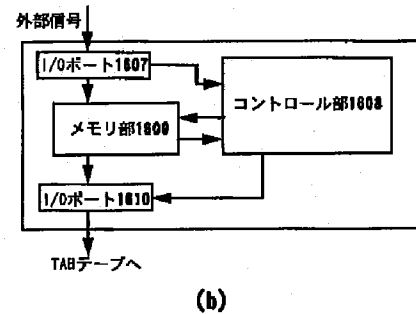
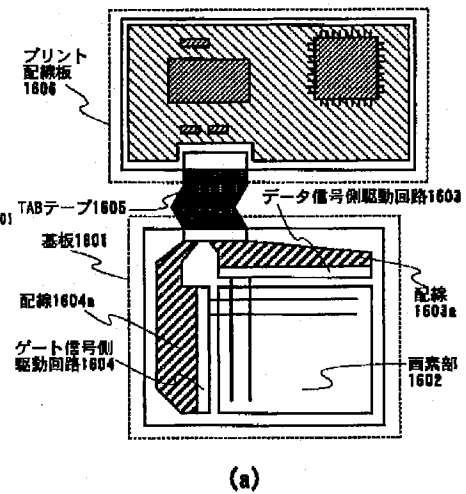
【図10】



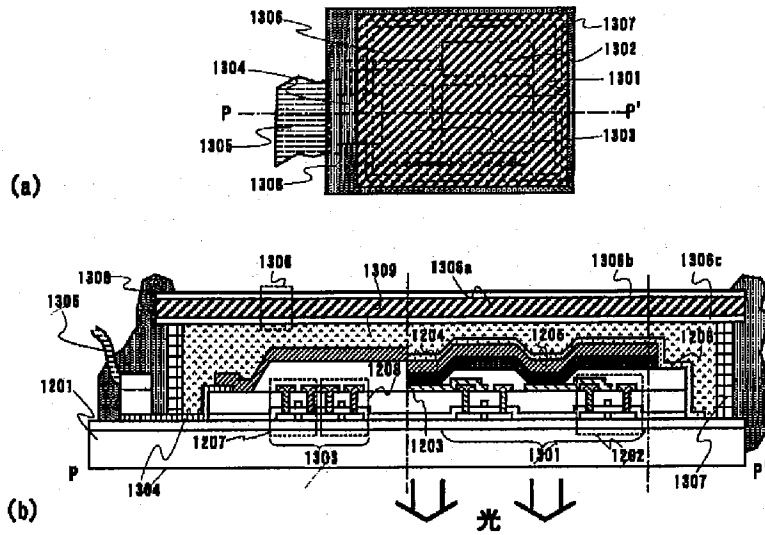
【図12】



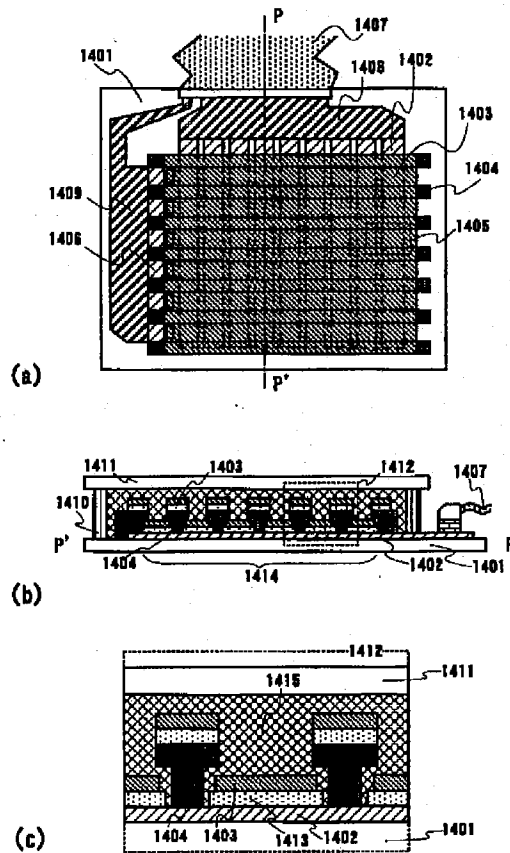
【図16】



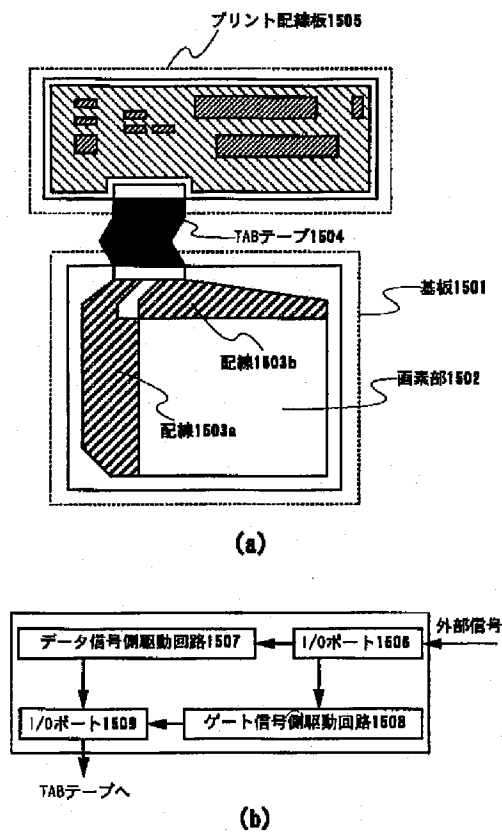
【図 1 3】



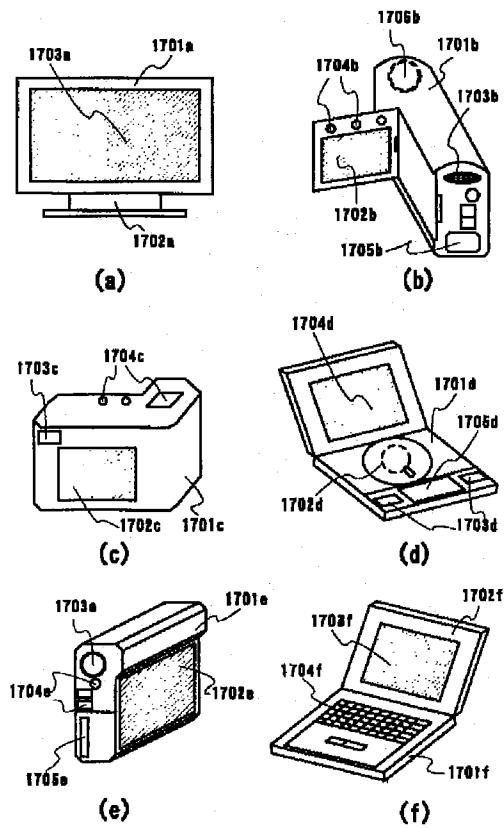
【図 14】



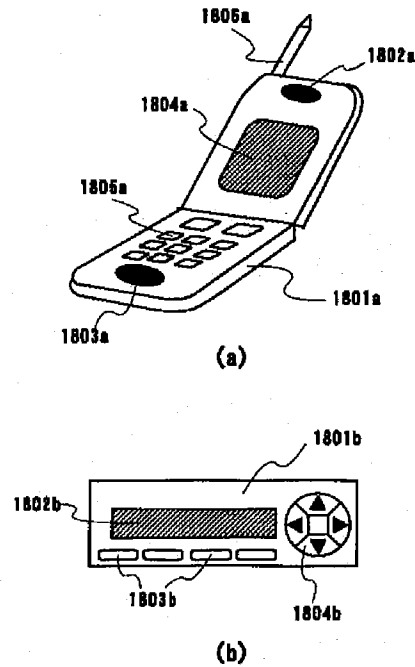
【図 15】



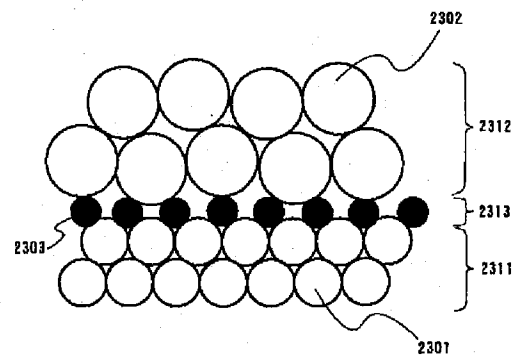
【図 17】



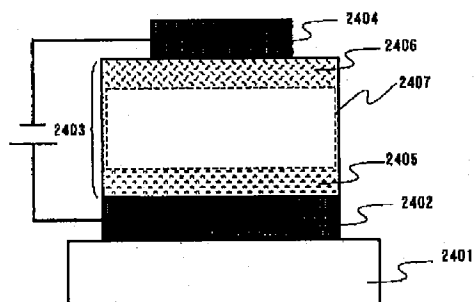
【図 18】



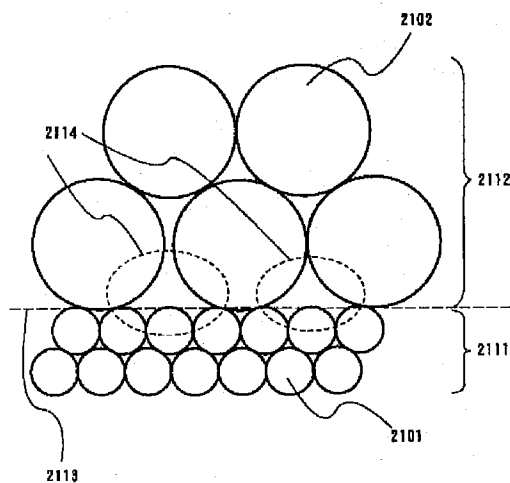
【図 23】



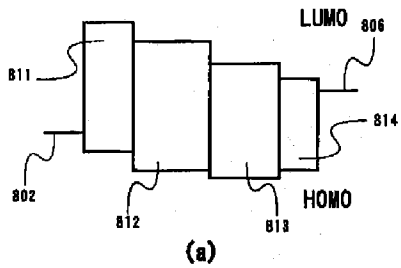
【図 24】



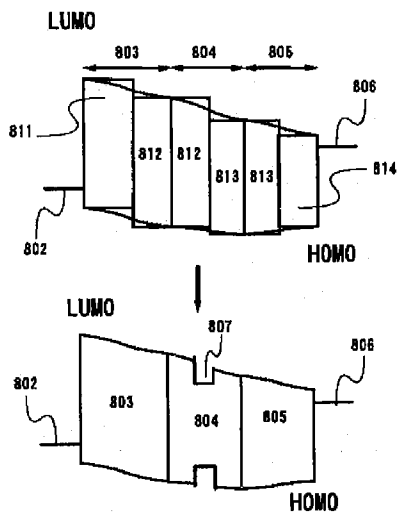
【図 21】



【図19】

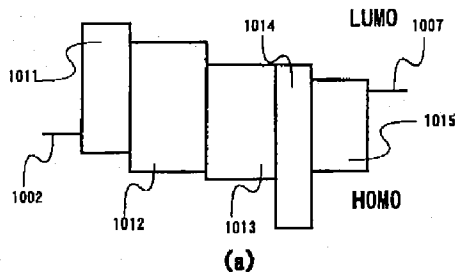


(a)

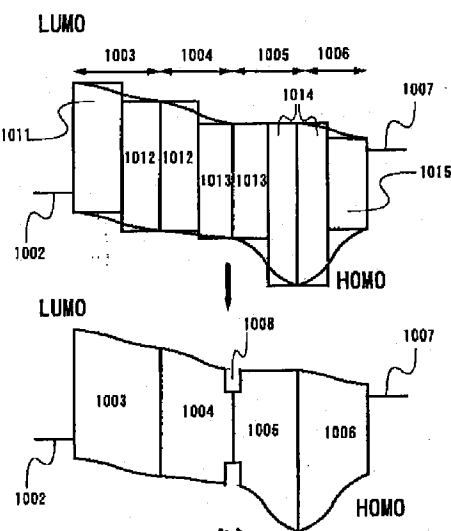


(b)

【図20】

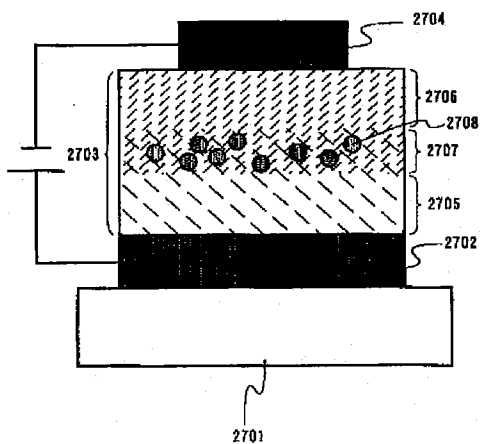


(a)

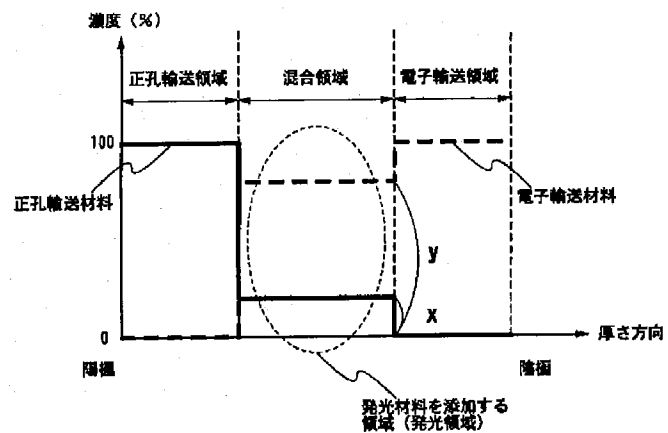


(b)

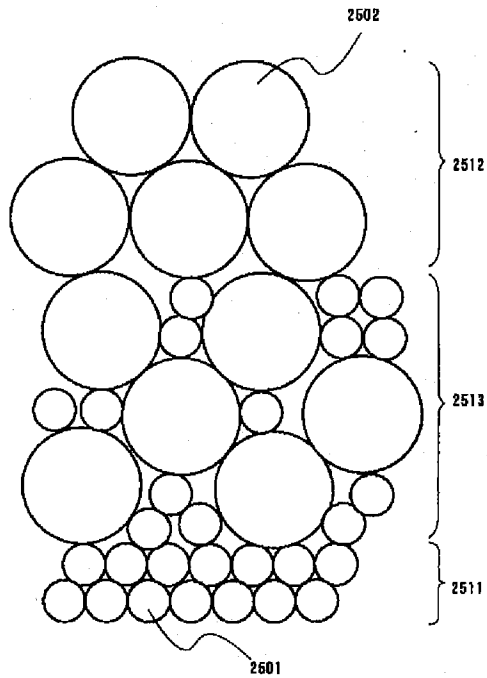
【図27】



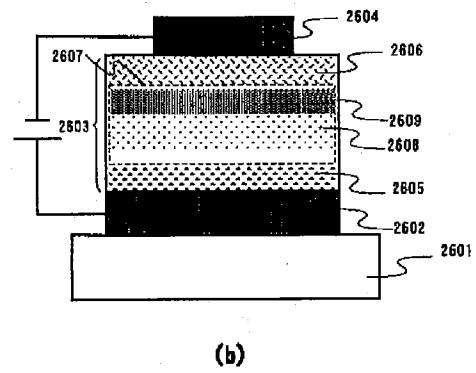
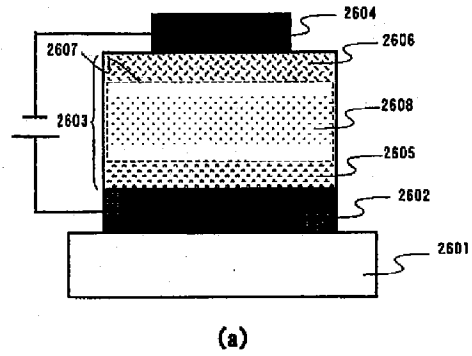
【図28】



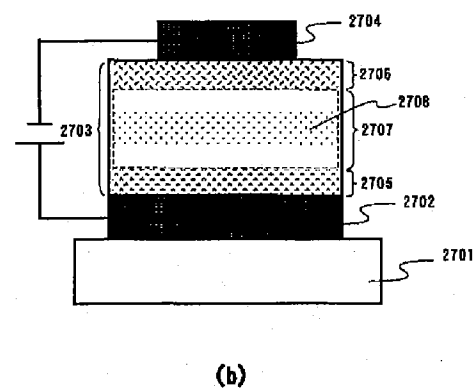
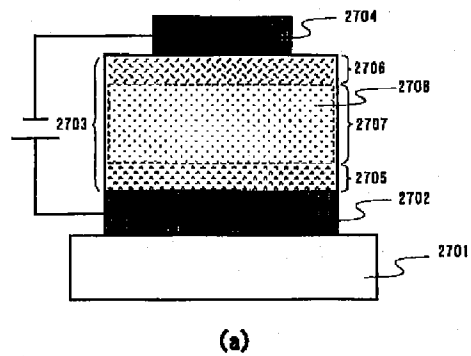
【図25】



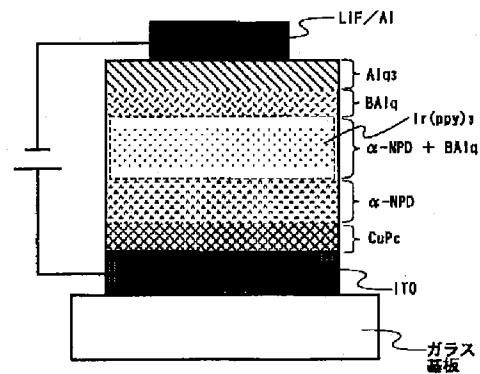
【図26】



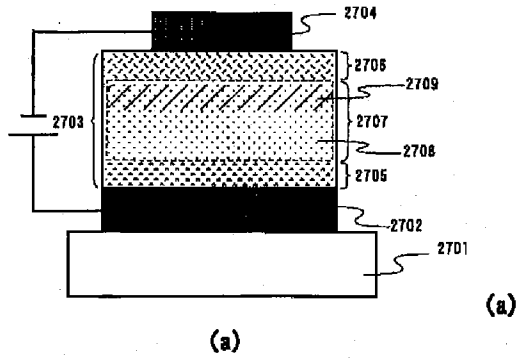
【図29】



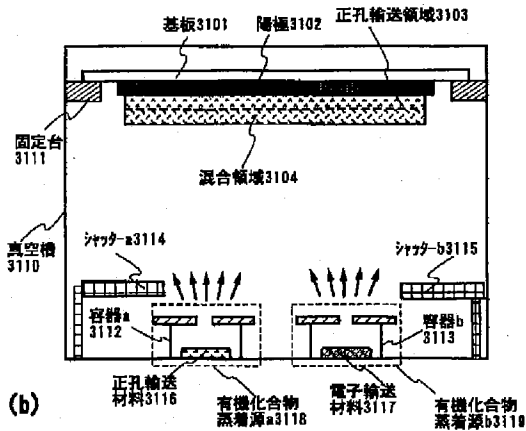
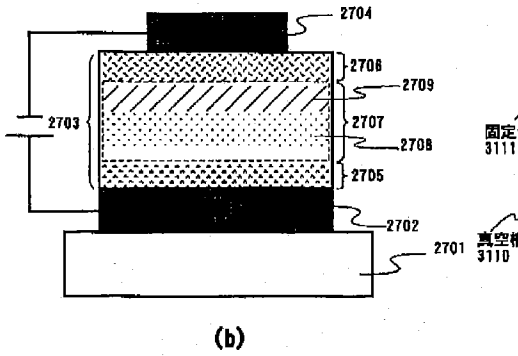
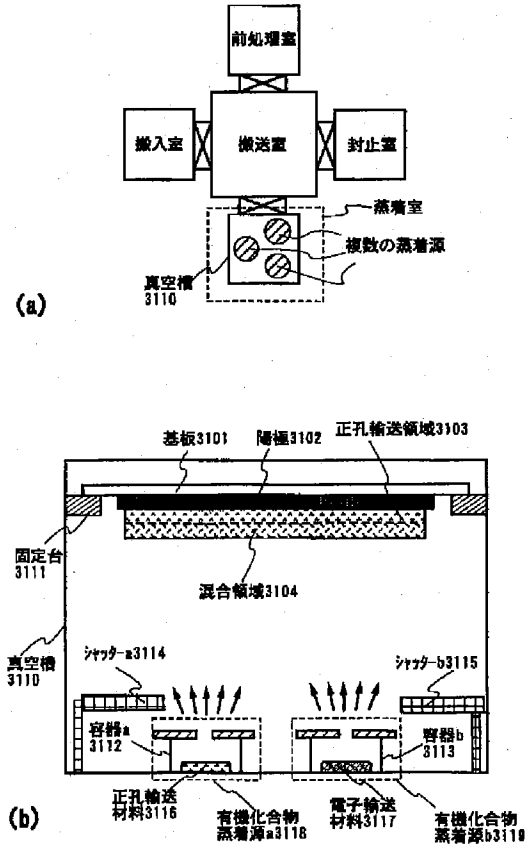
【図33】



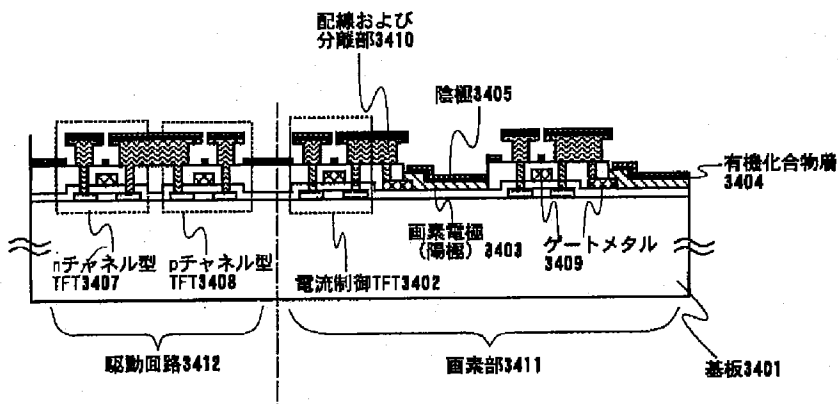
【図30】



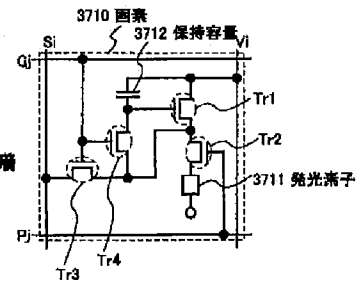
【図31】



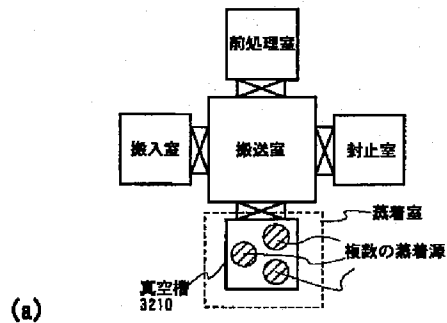
【図34】



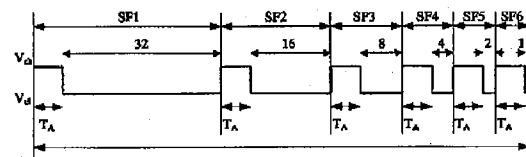
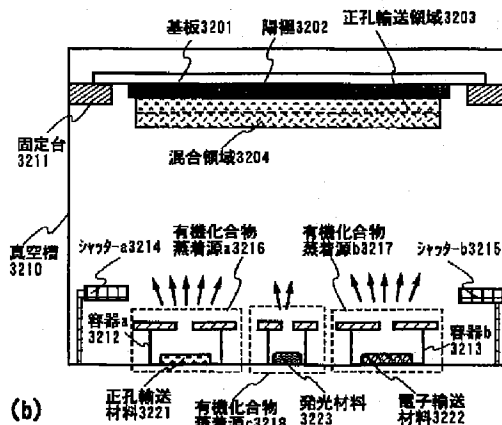
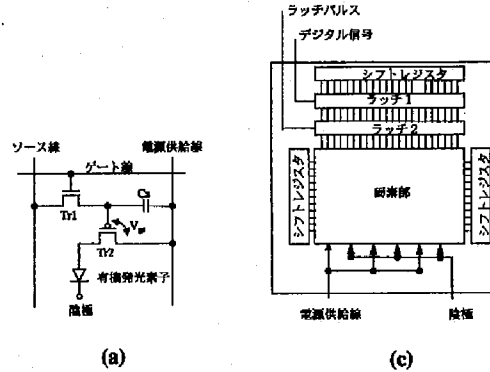
【図37】



【図32】

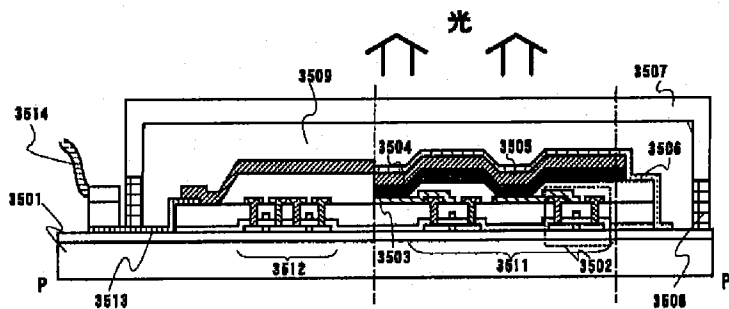


【図36】

SF1-SF6:サブフレーム, T_A :書き込み時間

(b)

【図35】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3K007 AB04 AB06 AB11 AB18 BA06
 BB07 CB01 DA01 DB03 EB00
 5C094 AA22 AA24 BA03 BA12 BA27
 CA19 CA24 DA09 DA13 DB01
 DB04 EA04 EA05 EA07 FB01
 FB20 JA01 JA08

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-313583

(P2002-313583A)

(43) 公開日 平成14年10月25日 (2002. 10. 25)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | ターミナル* (参考) |
|---------------------------|-------|---------------|-------------|
| H 0 5 B 33/22 | | H 0 5 B 33/22 | D 3 K 0 0 7 |
| | | | B 5 C 0 9 4 |
| G 0 9 F 9/30 | 3 6 5 | G 0 9 F 9/30 | 3 6 5 Z |
| H 0 5 B 33/14 | | H 0 5 B 33/14 | B |

審査請求 未請求 請求項の数46 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2001-399072 (P2001-399072)

(22) 出願日 平成13年12月28日 (2001. 12. 28)

(31) 優先権主張番号 特願2000-400953 (P2000-400953)

(32) 優先日 平成12年12月28日 (2000. 12. 28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-20817 (P2001-20817)

(32) 優先日 平成13年1月29日 (2001. 1. 29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-32406 (P2001-32406)

(32) 優先日 平成13年2月8日 (2001. 2. 8)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 瀬尾 哲史

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

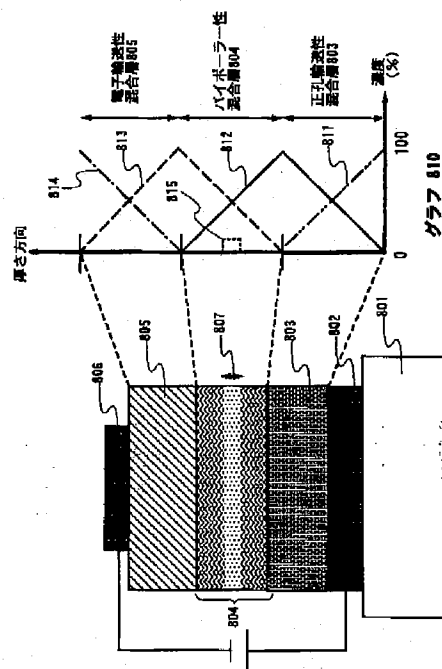
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【要約】

【課題】 低消費電力で、寿命の長い発光装置および電気器具を提供する。

【解決手段】 正孔注入材料811および正孔輸送材料812からなる正孔輸送性混合層803、あるいは、正孔輸送材料812および電子輸送材料813からなるバイポーラー性混合層804、あるいは、電子輸送材料813および電子注入材料814からなる電子輸送性混合層805、を適用し、さらにはグラフ810のような濃度勾配を形成することによって、有機発光素子における層間のキャリア注入性を高める。この手法により、消費電力が低く寿命の長い有機発光素子を提供し、前記有機発光素子を用いて発光装置および電気器具を作製する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた正孔輸送層と、を含む有機発光素子を有する発光装置において、前記正孔輸送層は第一の化合物および第二の化合物を含む層であり、前記第一の化合物は前記第二の化合物よりもイオン化ポテンシャルが小さく、かつ、前記第二の化合物は前記第一の化合物よりも正孔移動度が大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項2】請求項1に記載の発光装置において、前記正孔輸送層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記第一の化合物の濃度が減少し前記第二の化合物の濃度が増加する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項3】請求項1または請求項2に記載の発光装置において、前記第一の化合物がフタロシアニン化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項4】請求項1または請求項2に記載の発光装置において、前記第二の化合物が芳香族アミン化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項5】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた電子輸送層と、を含む有機発光素子を有する発光装置において、前記電子輸送層は第一の化合物および第二の化合物を含む層であり、前記第一の化合物は前記第二の化合物よりも電子親和力が大きく、かつ、前記第二の化合物は前記第一の化合物よりも電子移動度が大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項6】請求項5に記載の発光装置において、前記電子輸送層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記第一の化合物の濃度が増加し前記第二の化合物の濃度が減少する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項7】請求項5または請求項6に記載の発光装置において、前記第一の化合物が、アルカリ金属錯体、またはキノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項8】請求項5または請求項6に記載の発光装置において、前記第二の化合物が、キノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントリン誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項9】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた発光層と、を含む有機発光素子を有する発光装置において、前記発光層は第一の化合物および第二の化合物を含む層であり、前記第一の化合物は前記第二の化合物よりも正孔移動度が大きく、かつ、前記第二の化合物は前記第一の化合物よりも電子移動度が大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項10】請求項9に記載の発光装置において、前記発光層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記第一の化合物の濃度が減少し前記第二の化合物の濃度が増加する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項11】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた発光層と、を含む有機発光素子を有する発光装置において、前記発光層は第一の化合物、第二の化合物、および第三の化合物を含む層であり、前記第一の化合物は前記第二の化合物よりも正孔移動度が大きく、かつ、前記第二の化合物は前記第一の化合物よりも電子移動度が大きく、かつ、前記第三の化合物における最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差は、前記第一の化合物および前記第二の化合物の双方における最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差よりも小さい発光材料であることを特徴とする発光装置。

【請求項12】請求項11に記載の発光装置において、前記発光層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記第一の化合物の濃度が減少し前記第二の化合物の濃度が増加する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項13】請求項9乃至請求項12に記載の発光装置において、前記第一の化合物が芳香族アミン化合物であることを特徴とする発光装置。

【請求項14】請求項9乃至請求項12に記載の発光装置において、前記第二の化合物が、キノリン骨格を含む金属錯体、またはベンゾキノリン骨格を含む金属錯体、またはオキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントリン誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項15】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた発光層と、前記発光層に接して設けられたブロッキング層と、を含む有機発光素子を用いた発光装置において、前記ブロッキング層は、前記発光層に含まれる材料とブロッキング材料とを含み、前記ブロッキング材料における最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差は、前記発光層に含まれる材料における最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差よりも大きいことを特徴とする発光装置。

【請求項16】請求項15に記載の発光装置において、前記ブロッキング層は、前記陽極から前記陰極へ方向に対して、前記発光層に含まれる材料の濃度が減少し前記ブロッキング材料の濃度が増加する濃度勾配が形成されていることを特徴とする発光装置。

【請求項17】請求項15または請求項16に記載の発光装置において、前記ブロッキング材料が、オキサジアゾール誘導体、またはトリアゾール誘導体、またはフェナントリン誘導体、であることを特徴とする発光装置。

【請求項18】請求項1乃至請求項17のいずれか一項に記載の発光装置において、前記有機発光素子は、三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項19】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする発光装置。

【請求項20】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた正孔注入領域と、前記正孔注入領域および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする発光装置。

【請求項21】陽極と、陰極と、前記陰極に接して設けられた電子注入領域と、前記陽極および前記電子注入領域の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする発光装置。

【請求項22】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた正孔注入領域と、前記陰極に接して設けられた電子注入領域と、前記正孔注入領域および前記電子注入領域の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする発光装置。

【請求項23】請求項19乃至請求項22のいずれか一項に記載の発光装置において、前記陽極から前記陰極へ方向に対し、前記混合領域内の前記正孔輸送材料の濃度は減少し、前記混合領域内の前記電子輸送材料の濃度は増加していることを特徴とする発光装置。

【請求項24】請求項19乃至請求項23のいずれか一

項に記載の発光装置において、発光を呈する発光材料が、前記混合領域内に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項25】請求項19乃至請求項23のいずれか一項に記載の発光装置において、発光を呈する発光材料が、前記混合領域内の一部に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項26】請求項19乃至請求項23のいずれか一項に記載の発光装置において、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッッキング材料が、前記混合領域内に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項27】請求項19乃至請求項23のいずれか一項に記載の発光装置において、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッッキング材料が、前記混合領域内の一部に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項28】請求項19乃至請求項23のいずれか一項に記載の発光装置において、発光を呈する発光材料と、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッッキング材料と、の両方が、前記混合領域内に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項29】請求項28に記載の発光装置において、前記発光材料が添加されている領域は、前記ブロッッキング材料が添加されている領域よりも前記陽極側に位置することを特徴とする発光装置。

【請求項30】請求項24乃至請求項25または請求項28乃至請求項29のいずれか一項に記載の発光装置において、前記発光材料は、三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項31】陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項32】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた正孔注入領域と、前記正孔注入領域および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および

前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項33】陽極と、陰極と、前記陰極に接して設けられた電子注入領域と、前記陽極および前記電子注入領域の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項34】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた正孔注入領域と、前記陰極に接して設けられた電子注入領域と、前記正孔注入領域および前記電子注入領域の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする発光装置。

【請求項35】請求項31乃至請求項34のいずれか一項に記載の発光装置において、前記発光材料が添加された発光領域は、前記混合領域内の一部であることを特徴とする発光装置。

【請求項36】請求項31乃至請求項35のいずれか一項に記載の発光装置において、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッッキング材料が、前記混合領域内の一部に添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項37】請求項35に記載の発光装置において、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料に比べて最高被占分子軌道と最低空分子軌道とのエネルギー差が大きいブロッッキング材料が、前記混合領域内の一部に添加されており、かつ、前記発光材料が添加された発光領域は、前記ブロッッキング材料が添加されている領域よりも前記陽極側に位置することを特徴とする発光装置。

【請求項38】請求項31乃至請求項37のいずれか一項に記載の発光装置において、前記発光材料は、三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項39】請求項19乃至請求項38のいずれか一項に記載の発光装置において、前記混合領域内に、

前記正孔輸送材料と前記電子輸送材料との合計質量に対する前記正孔輸送材料の質量の百分率は、10パーセント以上90パーセント以下であることを特徴とする発光装置。

【請求項40】請求項19乃至請求項38のいずれか一項に記載の発光装置において、前記混合領域は、10ナノメートル以上、100ナノメートル以下の厚さであることを特徴とする発光装置。

【請求項41】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた第一の混合領域と、前記第一の混合領域に接して設けられた第二の混合領域と、前記第二の混合領域と陰極との間に設けられた第三の混合領域と、からなる有機発光素子を用いた発光装置において、前記第一の混合領域は正孔注入材料および正孔輸送材料を含み、前記第二の混合領域は前記正孔輸送材料および電子輸送材料を含み、前記第三の混合領域は前記電子輸送材料および電子注入材料を含むことを特徴とする発光装置。

【請求項42】請求項41に記載の発光装置において、前記第二の混合領域に発光材料が添加されていることを特徴とする発光装置。

【請求項43】請求項42に記載の発光装置において、前記発光材料は三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項44】陽極と、陰極と、前記陽極に接して設けられた第一の混合領域と、前記第一の混合領域に接して設けられた第二の混合領域と、前記第二の混合領域に接して設けられた第三の混合領域と、前記第三の混合領域と陰極との間に設けられた第四の混合領域と、からなる有機発光素子を用いた発光装置において、前記第一の混合領域は正孔注入材料および正孔輸送材料を含み、前記第二の混合領域は前記正孔輸送材料およびホスト材料およびゲスト材料を含み、前記第三の混合領域は前記ホスト材料およびブロッッキング材料を含み、前記第四の混合領域は前記ブロッッキング材料および電子注入材料を含むことを特徴とする発光装置。

【請求項45】請求項44に記載の発光装置において、前記ゲスト材料は三重項励起状態からの発光を呈することを特徴とする発光装置。

【請求項46】請求項1乃至請求項45のいずれか一項に記載の発光装置を用いたことを特徴とする電気器具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する分野】本発明は、陽極と、陰極と、電界を加えることで発光が得られる有機化合物を含む膜（以下、「有機化合物層」と記す）と、を有する有機発光素子を用いた発光装置に関する。本発明では特に、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ素子の寿命が長い有機発光素子を用いた発光装置に関する。なお、本明細書における発光装置とは、発光素子として有機発光素子を用いた画像表示デバイスもしくは発光デバイスを指す。ま

た、有機発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム (FPC: Flexible printed circuit) もしくはTAB (Tape Automated Bonding) テープもしくはTCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、TABテープやTCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または有機発光素子にCOG (Chip On Glass) 方式によりIC (集積回路) が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

【0002】

【従来の技術】有機発光素子は、電界を加えることにより発光する素子である。その発光機構は、電極間に有機化合物層を挟んで電圧を印加することにより、陰極から注入された電子および陽極から注入された正孔が有機化合物層中の発光中心で再結合して励起状態の分子 (以下、「分子励起子」と記す) を形成し、その分子励起子が基底状態に戻る際にエネルギーを放出して発光するとされている。

【0003】なお、有機化合物が形成する分子励起子の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であるが、本明細書中ではどちらの励起状態が発光に寄与する場合も含むこととする。

【0004】このような有機発光素子において、通常、有機化合物層は1 μ mを下回るほどの薄膜で形成される。また、有機発光素子は、有機化合物層そのものが光を放出する自発光型の素子であるため、従来の液晶ディスプレイに用いられているようなバックライトも必要ない。したがって、有機発光素子は極めて薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

【0005】また、例えば100~200nm程度の有機化合物層において、キャリアを注入してから再結合に至るまでの時間は、有機化合物層のキャリア移動度を考えると数十ナノ秒程度であり、キャリアの再結合から発光までの過程を含めてもマイクロ秒以内のオーダーで発光に至る。したがって、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

【0006】さらに、有機発光素子はキャリア注入型の発光素子であるため、直流電圧での駆動が可能であり、ノイズが生じにくい。駆動電圧に関しては、まず有機化合物層の厚みを100nm程度の均一な超薄膜とし、また、有機化合物層に対するキャリア注入障壁を小さくするような電極材料を選択し、さらにはシングルヘテロ構造 (二層構造) を導入することによって、5.5Vで100cd/m²の十分な輝度が達成された (文献1: C. W. Tang and S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Applied Physics Letters, vol. 51, No. 12, 913-915 (1987))。

【0007】こういった薄型軽量・高速応答性・直流低電圧駆動などの特性から、有機発光素子は次世代のフラットパネルディスプレイ素子として注目されている。また、自発光型であり視野角が広いことから、視認性も比

較的良好であり、携帯機器の表示画面に用いる素子として有効と考えられている。

【0008】ところで、文献1において示された有機発光素子の構成であるが、まず、有機化合物層に対するキャリア注入障壁を小さくする方法として、仕事関数が低い上に比較的安定なMg:Ag合金を陰極に用い、電子の注入性を高めている。このことにより、有機化合物層に大量のキャリアを注入することを可能としている。

【0009】さらに有機化合物層として、ジアミン化合物からなる正孔輸送層とトリス (8-キノリノラト) アルミニウム (略称: Alq₃) からなる電子輸送性発光層とを積層するという、シングルヘテロ構造を適用することにより、キャリアの再結合効率を飛躍的に向上させている。このことは、以下のように説明される。

【0010】例えば、Alq₃単層のみを有する有機発光素子の場合では、Alq₃が電子輸送性であるため、陰極から注入された電子のほとんどは正孔と再結合せずに陽極に達してしまい、発光の効率は極めて悪い。すなわち、単層の有機発光素子を効率よく発光させる (あるいは低電圧で駆動する) ためには、電子および正孔の両方をバランスよく輸送できる材料 (以下、「バイポーラー材料」と記す) を用いる必要があり、Alq₃はその条件を満たしていない。

【0011】しかし、文献1のようなシングルヘテロ構造を適用すれば、陰極から注入された電子は正孔輸送層と電子輸送性発光層との界面でブロックされ、電子輸送性発光層中へ閉じこめられる。したがって、キャリアの再結合が効率よく電子輸送性発光層で行われ、効率のよい発光に至るのである。

【0012】このようなキャリアのブロッキング機能の概念を発展させると、キャリアの再結合領域を制御することも可能となる。その例として、正孔をブロックできる層 (正孔ブロッキング層) を正孔輸送層と電子輸送層との間に挿入することにより、正孔を正孔輸送層内に閉じこめ、正孔輸送層の方を発光させることに成功した報告がある。 (文献2: Yasunori KIJIMA, Nobutoshi ASAI and Shin-ichiro TAMURA, "A Blue Organic Light Emitting Diode", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, 5274-5277 (1999))。

【0013】また、文献1における有機発光素子は、いわば正孔の輸送は正孔輸送層が行い、電子の輸送および発光は電子輸送性発光層が行うという、機能分離の発想であるとも言える。この機能分離の概念はさらに、正孔輸送層と電子輸送層の間に発光層を挟むというダブルヘテロ構造 (三層構造) の構想へと発展した (文献3: Chihaya ADACHI, Shizuo TOKITO, Tetsuo TSUTSUMI and Shogo SAITO, "Electroluminescence in Organic Films with Three-Layered Structure", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 27, No. 2, L269-L271 (1988))。

【0014】こういった機能分離の利点としては、機能分離することによって種類の有機材料に様々な機能（発光性、キャリア輸送性、電極からのキャリア注入性など）を同時に持たせる必要がなくなり、分子設計等に幅広い自由度を持たせることができる点にある（例えば、無理にバイポーラー材料を探索する必要がなくなる）。つまり、発光特性のいい材料、キャリア輸送性が優れる材料などを、各々組み合わせることで、容易に高発光効率が達成できるということである。

【0015】これらの利点から、文献1で述べられた積層構造の概念（キャリアブロッティング機能あるいは機能分離）自体は、現在に至るまで広く利用されている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上で述べたような積層構造は異種物質間の（特に絶縁体同士の）接合であるため、その界面には必ずエネルギー障壁が生じることになる。エネルギー障壁が存在すれば、その界面においてキャリアの移動は妨げられるため、以下に述べるような二つの問題点が提起される。

【0017】まず一つは、駆動電圧のさらなる低減へ向けての障害になるという点である。実際、現在の有機発光素子において、駆動電圧に関しては共役ポリマーを用いた単層構造の素子の方が優れており、パワー効率（単位：lm/W）でのトップデータ（ただし、一重項励起状態からの発光を比較）を保持していると報告されている（文献4：筒井哲夫、「応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会誌」、Vol. 11、No. 1、P.8（2000））。

【0018】なお、文献4で述べられている共役ポリマーはバイポーラー材料であり、キャリアの再結合効率に関しては積層構造と同等なレベルが達成できる。したがって、バイポーラー材料を用いるなどの方法で、積層構造を用いることなくキャリアの再結合効率さえ同等にできるのであれば、界面の少ない単層構造の方が実際は駆動電圧が低くなることを示している。

【0019】このことは、有機化合物層内における各層間の界面（例えば正孔輸送層と発光層との間のことであり、以下、「有機界面」と記す）においてキャリアの移動が妨げられ、より高い駆動電圧が必要になってしまったと説明できる。

【0020】例えば電極と有機化合物層との界面においては、エネルギー障壁を緩和するような材料を挿入し、キャリアの注入性を高めて駆動電圧を低減する方法がある（文献5：Takeo Wakimoto, Yoshinori Fukuda, Kenichi Nagayama, Akira Yokoi, Hitoshi Nakada, and Masami Tsuchida, "Organic EL Cells Using Alkaline Metal Compounds as Electron Injection Materials", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 44, NO. 8, 1245-1248(1997)）。文献5では、電子注入層としてLi₂Oを用いることにより、駆動電圧の低減に成功してい

る。

【0021】しかしながら、有機界面のキャリア移動性に関してはいまだ未解決の分野であり、バイポーラー材料を用いた単層構造の低駆動電圧に迫りつづけるための重要なポイントであると考えられる。

【0022】さらに、エネルギー障壁に起因するもう一つの問題点として、有機発光素子の素子寿命に対する影響が考えられる。すなわち、キャリアの移動が妨げられ、チャージが蓄積することによる輝度の低下である。

【0023】この劣化機構に関してははっきりとした理論は確立されていないが、陽極と正孔輸送層との間に正孔注入層を挿入し、さらにdc駆動ではなく矩形波のac駆動にすることによって、輝度の低下を抑えることができるという報告がある（文献6：S. A. VanSlyke, C. H. Chen, and C. W. Tang, "Organic electroluminescent devices with improved stability", Applied Physics Letters, Vol. 69, No. 15, 2160-2162(1996)）。このことは、正孔注入層の挿入およびac駆動によって、チャージの蓄積を排除することにより、輝度の低下を抑えることができたという実験的な裏付けと言える。

【0024】以上のことから、積層構造は容易にキャリアの再結合効率を高めることができ、なおかつ機能分離の観点から材料の選択幅を広くできるというメリットを持つ一方で、有機界面を多数作り出すことによって（特にキャリアをブロックしてキャリアを再結合させるための有機界面を作り出すことによって）キャリアの移動を妨げ、駆動電圧や輝度の低下に影響を及ぼしていると言える。

【0025】そこで本発明では、従来用いられている積層構造の利点（機能分離）を活かしつつ、なおかつ有機化合物層中に存在するエネルギー障壁を緩和することによってキャリアの移動性を高め、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を提供することを課題とする。

【0026】特に、発光層においてキャリアをブロックしてキャリアを再結合させるという従来用いられている積層構造とは、異なる概念の素子を作製することにより、有機化合物層中に存在する有機界面を削除してキャリアの移動性を高めると同時に、なおかつ積層構造の機能分離と同様に各種複数の材料の機能を発現させる（以下、「機能発現」と記す）ことを課題とする。それにより、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を提供することを課題とする。

【0027】さらに、このような有機発光素子を用いることにより、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ寿命の長い発光装置を提供することを課題とする。さらに、前記発光装置を用いて電気器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で、なおかつ長保ちする電気器具を提供することを課題とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】積層構造におけるエネルギー障壁の緩和に関しては、文献5に見られるようなキャリア注入層の挿入という技術に顕著に見られる。正孔注入層を例として、エネルギーバンドダイアグラムを用いた説明を図1に示す。

【0029】図1(a)では陽極101と正孔輸送層102を直接接合しているが、この場合、陽極101と正孔輸送層102のエネルギー障壁104は大きい。しかしながら、陽極のイオン化ポテンシャル（金属の場合、仕事関数と同義である）と正孔輸送層の最高被占分子軌道（以下、「HOMO」と記す）準位との中間に位置するHOMO準位を有する材料を、正孔注入層103として挿入することにより、エネルギー障壁を階段状に設計することができる（図1(b)）。

【0030】図1(b)のような階段状のエネルギー障壁を設計することにより、電極からのキャリア注入性を高め、確かに駆動電圧をある程度までは下げることができる。しかしながら問題点は、層の数を増やすことによって、有機界面の数は逆に増加することである。このことが、文献4で示されているように、単層構造の方が駆動電圧・パワー効率のトップデータを保持している原因であると考えられる。

【0031】逆に言えば、この点を克服することにより、積層構造のメリット（様々な材料を組み合わせることができ、複雑な分子設計が必要ない）を活かしつつ、なおかつ単層構造の駆動電圧・パワー効率に追いつくことができる。

【0032】その根本的な構想としては、有機界面の数を増やすことなく、有機化合物層中のエネルギー障壁を緩和し、キャリアの移動を妨げないようにすることができればよい。本発明者は、以下に示すような方法でこの構想を実現できる素子構造を考案した。

【0033】まず、正孔に対するエネルギー障壁を緩和する手法であるが、HOMO準位の高い（イオン化ポテンシャルの小さい）正孔注入材料と、正孔移動度の高い正孔輸送材料とを混合した層（以下、「正孔輸送性混合層」と記す）を設ければよい。この手法によって、陽極側からの正孔の受け取りを正孔注入材料が、正孔の輸送を正孔輸送材料が、それぞれ正孔輸送性混合層内で役割を果たし、従来の正孔注入層と正孔輸送層という二層の機能を一層で実現できる。

【0034】また、上で述べた正孔輸送性混合層に、濃度勾配を形成することが好ましい。すなわち、図2に示すように、陽極に近い側は正孔注入材料の割合が多く、陽極から離れるにしたがって正孔輸送材料の割合が多くなっていくものである。このような濃度勾配を形成することによって、陽極側からの正孔の受け取りから輸送までが、大きなエネルギー障壁を形成することなく潤滑に行われ、駆動電圧の低下および長寿命化に貢献する。

【0035】なお、図2における濃度勾配は、便宜上直

線を用いて図示したが、必ずしも直線となる必要はなく、増加ないしは減少の勾配が形成されていればよいものとする。実際、制御する際には曲線となる場合が多いと考えられる。本明細書で述べる他の濃度勾配についても、同様とする。

【0036】次に、電子に対するエネルギー障壁を緩和する手法であるが、最低空分子軌道（以下、「LUMO」と記す）準位の低い（電子親和力の大きい）電子注入材料と、電子移動度の高い電子輸送材料とを混合した層（以下、「電子輸送性混合層」と記す）を設ければよい。この手法によって、陰極側からの電子の受け取りを電子注入材料が、電子の輸送を電子輸送材料が、それぞれ電子輸送性混合層内で役割を果たし、従来の電子注入層と電子輸送層という二層の機能を一層で実現できる。

【0037】また、上で述べた電子輸送性混合層に、濃度勾配を形成することが好ましい。すなわち、図3に示すように、陰極に近い側は電子注入材料の割合が多く、陰極から離れるにしたがって電子輸送材料の割合が多くなっていくものである。このような濃度勾配を形成することによって、陰極側からの電子の受け取りから輸送までが、大きなエネルギー障壁を形成することなく潤滑に行われ、駆動電圧の低下および長寿命化に貢献する。

【0038】さらに、発光層におけるエネルギー障壁を緩和する手法もある。すなわち、正孔移動度の高い正孔輸送材料と、電子移動度の高い電子輸送材料とを混合してバイポーラー性とした層（以下、「バイポーラー性混合層」と記す）を、発光層として設ければよい。この場合、発光層の両端の界面におけるキャリアブロッキング機能は小さくなるが、電子輸送層-バイポーラー性混合層間のキャリア移動度差、および正孔輸送層-バイポーラー性混合層間のキャリア移動度差によって、キャリアはバイポーラー性混合層で再結合しやすくなる。

【0039】また、上で述べたバイポーラー性混合層に、濃度勾配を形成することが好ましい。すなわち、図4に示すように、陽極に近い側は正孔輸送材料の割合が多く、陰極に近づくにしたがって電子輸送材料の割合が多くなっていくものである。このような濃度勾配を形成することによって、正孔および電子の輸送から再結合に到るまでが、大きなエネルギー障壁を形成することなく潤滑に行われ、駆動電圧の低下および長寿命化に貢献する。

【0040】なお、バイポーラー性混合層は、励起エネルギーの低い材料の方が発光すると考えられる。本明細書中における励起エネルギーとは、HOMOとLUMOとのエネルギー差のことを指す。HOMOに関しては、光電子分光法により測定可能であり、イオン化ポテンシャルと同義と考えてよい。また、励起エネルギーを便宜的に吸収スペクトル末端と定義することで、その励起エネルギーとHOMO準位の値からLUMOを算出できる。

【0041】さらに、上で述べたバイポーラー性混合層

に、発光材料をドーピングして発光させる手法もある。この場合ドーパントである発光材料は、バイポーラー性混合層に含まれる正孔輸送材料および電子輸送材料よりも、低い励起エネルギーを有する必要がある。特に、キャリアアトラップ型のドーパント（例：ルブレン）を用いると、キャリアの再結合効率がさらに高まるため好ましい。

【0042】また、文献2では正孔ブロッキング層が示されたが、このような層は一般にブロッキング材料で構成される。ブロッキング材料とは、発光層の材料よりも大きな励起エネルギーを有するものが一般的であり（すなわち、分子励起子の拡散を防ぐことができ）、さらにキャリアもブロックできる材料のことである。主に正孔をブロックする場合が多い。

【0043】本発明者は、ブロッキング材料と、発光層の材料（あるいは発光層のホスト材料）とを混合した層（以下、「ブロッキング性混合層」と記す）を形成する手法についても考案した。この場合、ブロッキング性混合層は発光層としても機能することもでき、層内部で効率よくキャリアおよび分子励起子をブロックできる発光層という見方もできる。

【0044】ブロッキング性混合層に関しては、特に濃度勾配を形成することが好ましい。なぜならば、発光層から離れるに従い徐々にブロッキング材料の濃度を高くすることにより、ブロッキングしない方のキャリア（正孔ブロッキング材料であれば電子）の移動を潤滑にできるからである。

【0045】ところで近年、三重項励起状態から基底状態に戻る際に放出されるエネルギー（以下、「三重項励起エネルギー」と記す）を発光に変換できる有機発光素子が相次いで発表され、その発光効率の高さが注目されている（文献7：D. F. O'Brien, M. A. Baldo, M. E. Thompson and S. R. Forrest, "Improved energy transfer in electrophosphorescent devices", Applied Physics Letters, vol. 74, No. 3, 442-444 (1999)）（文献8：Tetsuo TSUTSUMI, Moon-Jae YANG, Masayuki YAHIRO, Kenji NAKAMURA, Teruichi WATANABE, Taishi TSUJII, Yoshinori FUKUDA, Takeo WAKIMOTO and Satoshi MIYAGUCHI, "High Quantum Efficiency in Organic Light-Emitting Devices with Iridium-Complex as a Triplet Emissive Center", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 38, L1502-L1504 (1999)）。

【0046】文献7では白金を中心金属とする金属錯体を、文献8ではイリジウムを中心金属とする金属錯体を用いている。これらの三重項励起エネルギーを発光に変換できる有機発光素子（以下、「三重項発光素子」と記す）は、従来よりも高輝度発光・高発光効率を達成することができる。

【0047】しかしながら、文献8の報告例によると、初期輝度を500cd/m²に設定した場合の輝度の半減期は17

0時間程度であり、素子寿命に問題がある。そこで、本発明を三重項発光素子に適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる。

【0048】したがって、以上に述べたように、キャリア輸送層や発光層を混合層とすることによって界面の数を減少させ（あるいはエネルギー障壁を緩和させ）、キャリアの移動を潤滑にするという本発明の概念を、三重項発光素子に適用したのも本発明に含めるものとする。

【0049】ところで、有機界面の形成によりキャリアの移動が妨げられるモデルとして、本発明者は以下に述べるような二つの機構を考えている。

【0050】まず一つの機構として、有機界面のモルフォロジーから生じるものが考えられる。有機発光素子における有機化合物層は通常、アモルファス状態の膜であり、これは有機化合物の分子同士が、双極子相互作用を主とした分子間力で凝集することにより形成されている。ところが、このような分子の凝集体を用いてヘテロ構造（積層構造）を形成すると、分子のサイズや形状の違いがヘテロ構造の界面（すなわち有機界面）に大きな影響を及ぼす可能性がある。

【0051】特に、分子のサイズが大きく異なる材料を用いてヘテロ構造を形成した場合、その有機界面における接合の整合性が悪くなると考えられる。その概念図を図21に示す。図21では、小さい分子2101からなる第一の層2111と、大きい分子2102からなる第二の層2112を積層している。この場合、形成される有機界面2113において、整合性の悪い領域2114が発生してしまう。

【0052】図21で示した整合性の悪い領域2114は、キャリアの移動を妨げるバリア（あるいはエネルギー障壁）となる可能性があるため、駆動電圧のさらなる低減へ向けての障害になることが示唆される。また、エネルギー障壁を越えられないキャリアはチャージとして蓄積してしまい、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

【0053】もう一つの機構として、積層構造を形成する（すなわち有機界面を形成する）工程から生じるものが考えられる。積層構造の有機発光素子は、キャリアのブロッキングおよび機能分離の観点から、各層を形成する際のコンタミネーションを避けるため、通常、図22に示すようなマルチチャンバー方式（インライン方式）の蒸着装置を用いて作製する。

【0054】図22に示した例は、正孔輸送層・発光層・電子輸送層の三層構造（ダブルヘテロ構造）を形成するための蒸着装置の概念図である。まず、搬入室に陽極（インジウム錫酸化物（以下、「ITO」と記す）など）を有する基板を搬入し、まず紫外線照射室において真空中で紫外線を照射することにより、陽極表面をク

リーニングする。特に陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う。さらに、積層構造の各層を形成するため、蒸着室2201で正孔輸送層を、蒸着室2202~2204で発光層(図22では、赤、緑、青の三色)を、蒸着室2205で電子輸送層を成膜し、蒸着室2206で陰極を蒸着する。最後に、封止室にて封止を行い、搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0055】このようなインライン方式の蒸着装置の特色としては、各層の蒸着を、それぞれ異なる蒸着室2201~2205において蒸着していることである。つまり、各層の材料がほとんど互いに混入しないような装置構成となっている。

【0056】ところが、蒸着装置の内部は通常 10^{-4} ~ 10^{-5} パスカル程度に減圧されているものの、極微量の気体成分(酸素や水など)は存在している。そして、この程度の真空度の場合、それら極微量の気体成分でも、数秒もあれば容易に単分子レイヤー程度の吸着層を形成してしまうと言われている。

【0057】したがって、図22のような装置を用いて積層構造の有機発光素子を作製する場合、各層を形成する間に大きなインターバルが生じてしまうことが問題なのである。つまり、各層を形成する間のインターバル、特に第二搬送室を経由して搬送する際に、極微量の気体成分による吸着層(以下、「不純物層」と記す)を形成してしまう懸念がある。

【0058】その概念図を図23に示す。図23は、第一の有機化合物2301からなる第一の層2311と、第二の有機化合物2302からなる第二の層2312とを積層する際に、その層間に微量の不純物2303(水や酸素など)からなる不純物層2313が形成されている様子である。

【0059】このようにして各層間(すなわち有機界面)に形成されてしまう不純物層は、有機発光素子の完成後、キャリアをトラップする不純物領域となってキャリアの移動を妨げるため、やはり駆動電圧を上昇させてしまう。さらに、キャリアをトラップする不純物領域が存在すると、そこにはチャージが蓄積することになるため、先に述べたような輝度の低下を誘起してしまう可能性がある。

【0060】このような機構から考えると、以上で述べたような有機界面で生じる問題点(有機界面のモルフォロジー悪化および不純物層の形成)を克服するためには、素子構造・作製工程共に、従来の積層構造素子から脱する必要がある。例えば、有機界面を完全に排除した有機発光素子の例として、正孔輸送材料と電子輸送材料とを混合しただけの単層(以下、「混合単層」と記す)のみを、両電極間に設けた有機発光素子の報告がある

(文献9: Shigeki NAKA, Kazuhisa SHINNO, Hiroyuki OKADA, Hiroshi ONNAGAWA and Kazuo MIYASHITA, "Organic Electroluminescent Devices Using a Mixed Single Layer", Japanese Journal of Applied Physics, Vo

l. 33, No. 12B, L1772-L1774(1994))。

【0061】文献9では、正孔輸送性である4, 4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル(以下、「TPD」と記す)と、電子輸送性であるAlq₃とを、1:4の割合で混合することによって単層構造を形成している。しかしながら、積層構造(すなわち、TPDおよびAlq₃からなる有機界面を形成するヘテロ構造)との比較をすると、発光効率の点では積層構造に比べて劣っていることが示されている。

【0062】その原因として、混合単層の場合、陽極から注入された正孔および陰極から注入された電子が、再結合することなくそのまま対極へ抜けてしまうことが多くなるためと考えられる。積層構造はキャリアのブロッキング機能があるので、そのような問題は生じていないのである。

【0063】このことは、文献9の混合単層においては、機能発現が行われていないことが原因と言い換えることができる。すなわち、有機化合物層内において、陽極に近い領域は正孔輸送という機能を示し、陰極に近い領域は電子輸送という機能を示し、両電極から離れた部分に発光領域(すなわちキャリアが再結合する領域)を設けるといふ、各機能を発現できる領域を設けなければ、たとえ有機界面をなくしたとしても効率のよい発光には至らないのである。また、有機化合物層内が全て発光層として機能するので、実際はキャリアの再結合が電極の近くで行われる可能性があり、電極材料にエネルギー移動して消光することがある。

【0064】このように混合単層では十分な性能を発揮できないことを考慮し、本発明者は特に、図4におけるバイポーラー性混合層を発光領域として形成する際に、有機界面を排除し、なおかつ文献7とは異なり機能発現が可能な有機発光素子を実現する手法を考案した。その概念図を図24に示す。

【0065】図24では、正孔輸送材料および電子輸送材料の2種類からなる有機化合物層2403において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域2405、電子輸送材料からなる電子輸送領域2406、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが混合された混合領域2407を設けてある。ここでは基板2401上に陽極2402を設けてあるが、陰極2404の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。なお、このような素子の場合、正孔輸送層などの明確な層構造は形成していないので、各機能を示す「領域」という表現を用いている。

【0066】このような素子を形成した場合、陽極側では正孔輸送材料が正孔を受け取り輸送し、一方陰極側では電子輸送材料が電子を受け取り輸送することができ、さらに、混合領域2407はバイポーラー性であるため、正孔および電子は双方とも混合領域2407を移動することができ、この混合領域2407においてキャリアは再結合し発光に至る。すなわち、文献9の混合単層とは異なる

り、各機能を発現できる領域が有機化合物層2403内に存在していることになる。

【0067】さらに、図24のような素子の場合、機能発現を可能にしながら、なおかつ従来の積層構造のような有機界面は存在しない。したがって、上述の有機界面で生じる問題点（有機界面のモルフォロジー悪化および不純物層の形成）を解決することができる。なお、発光に至る混合領域が両電極から離れることにより、電極にエネルギー移動することによる消光を防ぐこともできる。

【0068】まず、有機界面のモルフォロジー悪化の解決について、図25を用いて説明する。図25は、小さい分子2501からなる領域2511と、大きい分子2502からなる領域2512と、小さい分子2501および大きい分子2502の両方を含む混合領域2513と、からなる、図24に代表される有機発光素子である。図25から明らかなように、図21で存在していたような有機界面2113は存在せず、整合性の悪い領域2114も存在しない。

【0069】また、不純物層の形成の解決であるが、これは単純明快である。図24のような有機発光素子を作製する場合、陽極上に正孔輸送材料を蒸着し、途中からそれに加えて電子輸送材料を共蒸着の形で蒸着することで混合領域を形成し、混合領域を形成後は正孔輸送材料の蒸着を止めることで電子輸送材料を蒸着すればよい。したがって、図22のような蒸着装置を用いて有機発光素子を作製する際に生じる、インターバルが存在しない。つまり、不純物層を形成する隙を与えないのである。

【0070】このように、本発明の有機発光素子は、有機界面を形成することがないためキャリアの移動が潤滑であり、駆動電圧および素子の寿命に悪影響を及ぼすことがなくなる。さらに、積層構造と同様に機能分離されているため、発光効率の点でも問題は無い。

【0071】また、従来の積層構造が異種物質間の単なる接合（hetero-junction）であるのに対し、本発明の構造はいわば混合接合（mixed-junction）であり、新しい概念に基づく有機発光素子であると言える。

【0072】したがって本発明では、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、電子移動度よりも正孔移動度の高い正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、正孔移動度よりも電子移動度の高い電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域は前記電子輸送領域よりも前記陽極側に位置し、なおかつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料の両方を含む混合領域が設けられていることを特徴とする。

【0073】なお、図24において、陽極と有機化合物層との間に、正孔の注入性を高める材料（以下、「正孔

注入材料」と記す）からなる正孔注入領域を挿入してもよい。また、陰極と有機化合物層との間に、電子の注入性を高める材料（以下、「電子注入材料」と記す）からなる電子注入領域を挿入してもよい。さらに、正孔注入領域と電子注入領域の両方を組み込んでよい。

【0074】この場合、正孔注入材料または電子注入材料は、電極から有機化合物層へのキャリア注入障壁を小さくするための材料であるため、電極から有機化合物層へのキャリアの移動を潤滑にし、チャージの蓄積を排除できる効果がある。ただし、先に述べたような不純物層の形成を避ける観点から、各注入材料と有機化合物層との間は、インターバルをおかずに成膜することが好ましい。

【0075】ところで、正孔輸送材料および電子輸送材料の両方を含む混合領域内において、陽極から陰極へ方向に対し、正孔輸送材料の濃度は徐々に減少し、かつ、電子輸送材料の濃度は徐々に増加するような濃度勾配を形成することが、キャリアバランス制御の観点から好ましい。また、本発明において、混合領域はキャリアの再結合領域でもあるため、10nm以上の厚みがあることが望ましい。

【0076】また、図26(a)に示すように、有機化合物層2603において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域2605、電子輸送材料からなる電子輸送領域2606、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが混合された混合領域2607を設け、さらに混合領域2607に対し、ドーパントとして発光を呈する発光材料2608を添加する構造も本発明に含むこととする。なお、ここでは基板2601上に陽極2602を設けてあるが、陰極2604の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。また、正孔注入領域や電子注入領域を、電極と有機化合物層との間に設けていてもよい。

【0077】発光材料2608を混合領域2607にドーピングすると、発光材料2608がキャリアをトラップするため再結合率が向上し、高い発光効率が期待できる。発光色を発光材料2608により制御できることも利点の一つと言える。ただしこの場合、発光材料2608における励起エネルギーは、混合領域2607に含まれる化合物の中で最も小さいことが好ましい。

【0078】また、発光領域は両電極からなるべく離すことで、電極材料にエネルギー移動することによる消光（以下、「クエンチ」と記す）を防ぐことができる。したがって、発光材料をドーピングする領域は、混合領域内の全域ではなく、一部（特に中央部）であってもよい。

【0079】さらに、図26(b)に示すように、有機化合物層2603において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域2605、電子輸送材料からなる電子輸送領域2606、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが混合された混合領域2607を設け、さらに混合領域2607に対し、ブロッキング材料2609を添加する構造も本発明に含むこととする。なお、ここでは基板2601上に陽極2602を設けてあるが、陰

極2604の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。また、正孔注入領域や電子注入領域を、電極と有機化合物層との間に設けていてもよい。

【0080】ブロッキング材料2609を混合領域2607にドープすると、混合領域2607におけるキャリアの再結合率が向上し、分子励起子の拡散も防げるため、高い発光効率が期待できる。ただしこの場合、ブロッキング材料における励起エネルギーレベルは、混合領域2607に含まれる材料の中で最も大きいことが好ましい。

【0081】また、ブロッキング材料は、正孔ないしは電子の片方をブロックする機能を有する場合が多いため、混合領域内全域にドープしてしまうと、混合領域内のキャリアバランスを崩すこともある。したがって、ブロッキング材料をドープする領域は、混合領域内の全域ではなく、一部（特に端部）であってよい。

【0082】なお、図26(b)においては、さらに好ましい例として、発光材料2608も添加している。すなわち、図26(a)と併合した形態である。ブロッキング材料2609が正孔ブロッキング性を有する場合は、図26(b)のように、発光材料2608を添加している領域よりも陰極側に正孔ブロッキング材料を添加すれば、発光材料が効率よく発光することになる。

【0083】また、本発明を三重項発光素子に適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、文献8に比べて素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる。

【0084】なお、三重項の分子励起子は、拡散長が三重項の分子励起子に比べて大きいので、ブロッキング材料が混合領域に含まれていることが好ましい。すなわち、図26(b)を用いて説明すると、発光材料2608として三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料（以下、「三重項発光材料」と記す）を用い、ブロッキング材料2609も同時に添加することが望ましい。

【0085】以下ではさらに、図26で示したような発光材料を添加する形態において、より作製に適した例を述べる。その素子構造を図27に示す。

【0086】図27の素子では、正孔輸送材料および電子輸送材料を含む有機化合物層2703において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域2705、電子輸送材料からなる電子輸送領域2706、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが一定の割合にて混合された混合領域2707を設けており、さらに混合領域2707には、発光を呈する発光材料2708を添加することにより発光領域を形成してある。ここでは基板2701上に陽極2702を設けてあるが、陰極2704の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。

【0087】なお、混合領域における正孔輸送材料と電子輸送材料との濃度比を $x:y$ とした場合の濃度プロファイルは、図28のようになる。

【0088】このような素子を形成した場合、陽極側では正孔輸送材料が正孔を受け取り輸送し、一方陰極側で

は電子輸送材料が電子を受け取り輸送することができ。さらに、混合領域2707はバイポーラー性であるため、正孔および電子は双方とも混合領域2707を移動することができる。また、混合領域2707は一定の割合 $x:y$ としているため、作製が容易である。

【0089】ここで重要なことは、混合領域2707において、発光材料を含む発光領域が形成されていることである。つまり、発光材料を混合領域2707に添加することで、混合領域内をキャリアが再結合せずに素通りしてしまうことを防ぐと同時に、発光領域を電極から遠ざけ、電極による消光（以下、「クエンチ」と記す）をも防止しているのである。

【0090】したがって本発明では、陽極と、陰極と、前記陽極および前記陰極の間に設けられた有機化合物層と、からなる有機発光素子を含む発光装置において、前記有機化合物層は、正孔輸送材料からなる正孔輸送領域と、電子輸送材料からなる電子輸送領域と、を含み、かつ、前記正孔輸送領域と前記電子輸送領域との間に、前記正孔輸送材料および前記電子輸送材料を一定の割合にて含む混合領域が形成されており、なおかつ、前記混合領域内に、発光を呈する発光材料が添加された発光領域を設けたことを特徴とする。

【0091】なお、発光材料は、正孔輸送材料および電子輸送材料に比べて、励起エネルギーが小さいことが好ましい。これは、分子励起子のエネルギー移動を防ぐためである。

【0092】また、図27において、陽極と有機化合物層との間に、正孔の注入性を高める材料（以下、「正孔注入材料」と記す）からなる正孔注入領域を挿入してもよい。また、陰極と有機化合物層との間に、電子の注入性を高める材料（以下、「電子注入材料」と記す）からなる電子注入領域を挿入してもよい。さらに、正孔注入領域と電子注入領域の両方を組み込んでもよい。

【0093】この場合、正孔注入材料または電子注入材料は、電極から有機化合物層へのキャリア注入障壁を小さくするための材料であるため、電極から有機化合物層へのキャリアの移動を潤滑にし、チャージの蓄積を排除できる効果がある。ただし、先に述べたような不純物層の形成を避ける観点から、各注入材料と有機化合物層との間は、インターバルをおかず成膜することが好ましい。

【0094】また、混合領域においては、その混合比によってキャリアの再結合部はほぼ決まってくる（バイポーラー性になればなるほど、ほぼ中央になる）。したがって、発光材料を混合領域内の全域に添加してもよい（図29(a)）が、一部に添加してもよい（図29(b)）。なお、図29では、図27の符号を引用している。

【0095】さらに、図30(a)に示すように、有機化合物層2703において、正孔輸送材料からなる正孔輸送領

域2705、電子輸送材料からなる電子輸送領域2706、および正孔輸送材料と電子輸送材料とが混合され、発光材料も添加された混合領域2707を設け、さらに混合領域2707に対し、ブロッキング材料2709を添加する構造も本発明に含むこととする。なお、ここでは基板2701上に陽極2702を設けてあるが、陰極2704の方を基板上に設ける逆の構造をとってもよい。また、正孔注入領域や電子注入領域を、電極と有機化合物層との間に設けていてもよい。

【0096】なお、この場合のブロッキング材料とは、励起エネルギーレベルが混合領域2707に含まれる材料の中で最も大きく、キャリアをブロックする機能ないしは分子励起子の拡散を防ぐ機能を有する材料が好ましい。ブロッキング材料2709を混合領域2707に添加すると、混合領域2707におけるキャリアの再結合率が向上し、分子励起子の拡散も防げるため、高い発光効率が期待できる。ただし、ブロッキング材料は、正孔ないしは電子の片方をブロックする機能を有する場合が多いため、混合領域内全域に添加してしまうと、混合領域内のキャリアバランスを崩すこともある。したがって、ブロッキング材料を添加する領域は、混合領域内の全域ではなく、一部とする。

【0097】また、ブロッキング材料は通常、HOMO準位が低い、すなわち正孔をブロッキングできる材料が有効である。したがって図30(b)に示すように、発光材料2708を添加している領域よりも陰極側にブロッキング材料を添加する手法が有用である。

【0098】さらに、このような素子構造に添加する発光材料としてを三重項発光材料を適用することにより、三重項励起状態からの発光による高輝度発光・高発光効率に加え、素子の寿命も長いという非常に高機能な発光素子が可能となる。なお、三重項の分子励起子は、拡散長が一重項の分子励起子に比べて大きいので、ブロッキング材料が混合領域に含まれていることが好ましい。

【0099】ところで、以上で述べたような正孔輸送材料および電子輸送材料からなる混合領域は、バイポーラ性である必要があるため、混合領域において、正孔輸送材料と電子輸送材料との合計質量に対する正孔輸送材料の質量の百分率は、10パーセント以上90パーセント以下であることが好ましい。ただし、この比率は材料の組み合わせによって大きく変動すると考えられる。

【0100】また、正孔輸送材料および電子輸送材料からなる混合領域は発光領域、すなわちキャリアの再結合領域を含んでいるため、キャリアが素通りしないような程度の厚みが必要となる。したがって前記混合領域は、10nm以上の厚みがあることが望ましい。また、バイポーラになる領域の抵抗が高いことを考えると、100nm以下が望ましい。

【0101】以上のような発明を実施することにより、従来よりも駆動電圧が低く、なおかつ寿命の長い発光装置を提供することができる。さらに、前記発光装置を用

いて電気器具を作製することにより、従来よりも低消費電力で、なおかつ長保ちする電気器具を提供することができる。

【0102】

【発明の実施の形態】以下では、本発明を実施する際の形態について述べる。なお、有機発光素子は、発光を取り出すために少なくとも陽極または陰極の一方が透明であればよいが、本実施の形態では、基板上に透明な陽極を形成し、陽極から光を取り出す素子構造で記述する。実際は、陰極から光を取り出す構造や、基板とは逆側から光を取り出す構造も適用可能である。

【0103】まず、正孔輸送性混合層を形成した有機発光素子の実施の形態を、図5を用いて説明する。図5では、陽極502を有する基板501上に、正孔輸送性混合層503、発光層504、電子輸送層505、陰極506を積層した構造を示した。なお、発光層504を挿入せず、正孔輸送性混合層503ないしは電子輸送層505に発光を担わせることも可能である。正孔輸送性混合層503は、正孔注入材料および正孔輸送材料の両方が混合されて形成されている。

【0104】なお、正孔輸送性混合層503は、図2に示したように、正孔注入材料と正孔輸送材料からなる濃度勾配が形成されていてもよい。この場合、正孔注入材料として酸化アルミニウムのような絶縁性が高い材料を用いる時は、正孔注入材料の濃度勾配は急峻である（陽極から離れるにつれてすぐに減衰する）ことが好ましい。

【0105】次に、電子輸送性混合層を形成した有機発光素子の実施の形態を、図6を用いて説明する。図6では、陽極602を有する基板601上に、正孔輸送層603、発光層604、電子輸送性混合層605、陰極606を積層した構造を示した。なお、発光層604を挿入せず、電子輸送性混合層605ないしは正孔輸送層603に発光を担わせることも可能である。電子輸送性混合層605は、電子注入材料および電子輸送材料の両方が混合されて形成されている。

【0106】なお、電子輸送性混合層605は、図3に示したように、電子注入材料と電子輸送材料からなる濃度勾配が形成されていてもよい。この場合、電子注入材料としてフッ化リチウムのような絶縁性が高い材料を用いる時は、電子注入材料の濃度勾配は急峻である（すぐに減衰する）ことが好ましい。

【0107】次に、バイポーラ性混合層を形成した有機発光素子の実施の形態を、図7を用いて説明する。図7では、陽極702を有する基板701上に、正孔注入層703、バイポーラ性混合層704、電子注入層705、陰極706を積層した構造を示した。バイポーラ性混合層704は、正孔輸送材料および電子輸送材料の両方が混合されて形成されている。

【0108】なお、バイポーラ性混合層704は、図4に示したように、正孔輸送材料と電子輸送材料とからなる濃度勾配が形成されていてもよい。

【0109】また、図24に示すように、混合領域2407に含まれる正孔輸送材料として正孔輸送領域2405の構成材料を用い、混合領域2407に含まれる電子輸送材料として電子輸送領域2406の構成材料を用いることによって、混合領域2407と、正孔輸送領域2405および電子輸送領域2406とを、連続的に接合してもよい。この場合、2種類の化合物（正孔輸送材料および電子輸送材料）で、正孔輸送領域、発光領域、電子輸送領域という、従来であれば3層の役割を果たすことができる利点がある。なお、図24では示していないが、陽極2402と正孔輸送領域2405との間に正孔注入層を、陰極2404と電子輸送領域2406との間に電子注入層を挿入してもよい。

【0110】このような素子構造を実施することによって、不純物層の形成を防ぐことができるが、この場合、有機発光素子を作製する製造工程が重要になる。そこで、このような素子構造の製造方法について適した例を述べる。

【0111】蒸着装置の概念図を、図31に示す。図31(a)はその上面図であるが、蒸着室として一つの真空槽3110を設置し、その真空槽内に複数の蒸着源を設けてある、シングルチャンバー方式である。そして、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極の構成材料など、各種機能の異なる材料が、それぞれ前記複数の蒸着源に別々に収納されている。

【0112】このような蒸着室を有する蒸着装置においては、まず、搬入室に陽極（ITOなど）を有する基板を搬入し、陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う（なお、図31(a)では図示していないが、陽極表面をクリーニングするために紫外線照射室を設置することも可能である）。さらに、有機発光素子を形成する全ての材料は、真空槽3110内において蒸着される。ただし陰極は、この真空槽3110内で形成してもよいし、別に蒸着室を設けてそこで陰極を形成してもよい。要は、陰極を形成するまでの間を、一つの真空槽3110内で蒸着すればよい。最後に、封止室にて封止を行い、搬送室を経由して搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0113】このようなシングルチャンバー方式の蒸着装置を用いて本発明の有機発光素子を作製する手順を、図31(b)（真空槽3110の断面図）を用いて説明する。図31(b)では、図面簡略化のため、二つの蒸着源（有機化合物蒸着源a3118および有機化合物蒸着源b3119）を有する真空槽3110を用い、正孔輸送材料3116および電子輸送材料3117からなる有機化合物層を形成する過程を示す。

【0114】まず、真空槽3110内に、陽極3102を有する基板3101を搬入し、固定台3111にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。次に、真空槽3110内を減圧（10⁻⁴パスカル以下が好ましい）した後、容器a311

2を加熱し、正孔輸送材料3116を蒸発させ、所定の蒸着レート（単位：[Å/s]）に達してからシャッターa3114を開け、蒸着を開始する。この時、シャッターb3115を閉じたまま、容器b3113も加熱しておく。

【0115】その後、シャッターa3114を開いたまま、シャッターb3115を開けることによって、電子輸送材料3117を共蒸着し（図31(b)で示した状態）、正孔輸送領域3103の後に混合領域3104を形成する。この操作により、正孔輸送領域3103と混合領域3104との間には、不純物層が混入しない。

【0116】さらに電子輸送領域を形成するため、シャッターb3115を開けたままシャッターa3114を閉じ、容器a3112の加熱を終了する。この操作により、混合領域3104と電子輸送領域との間には、不純物層が形成されない。

【0117】さらに、図26(a)に示した混合領域2607に、発光材料をドーピングして発光させる手法もある。この場合ドーパントである発光材料は、混合領域2607に含まれる正孔輸送材料および電子輸送材料よりも、低い励起エネルギーを有する必要がある。

【0118】このように発光材料をドーピングする場合も、不純物層の形成を防ぐため、有機発光素子を作製する製造工程が重要になる。以下では、その製造方法について述べる。

【0119】図32(a)は、蒸着装置の上面図であるが、蒸着室として一つの真空槽3210を設置し、その真空槽内に複数の蒸着源を設けてある、シングルチャンバー方式である。そして、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極の構成材料など、各種機能の異なる材料が、それぞれ前記複数の蒸着源に別々に収納されている。

【0120】このような蒸着室を有する蒸着装置においては、まず、搬入室に陽極（ITOなど）を有する基板を搬入し、陽極がITOのような酸化物である場合、前処理室にて酸化処理を行う（なお、図32(a)では図示していないが、陽極表面をクリーニングするために紫外線照射室を設置することも可能である）。さらに、有機発光素子を形成する全ての材料は、真空槽3210内において蒸着される。ただし陰極は、この真空槽3210内で形成してもよいし、別に蒸着室を設けてそこで陰極を形成してもよい。要は、陰極を形成するまでの間を、一つの真空槽3210内で蒸着すればよい。最後に、封止室にて封止を行い、搬送室を経由して搬出室から取り出して有機発光素子を得る。

【0121】このようなシングルチャンバー方式の蒸着装置を用いて本発明の有機発光素子を作製する手順を、図32(b)（真空槽3210の断面図）を用いて説明する。図32(b)では、最も簡単な例として、三つの蒸着源（有機化合物蒸着源a3216、有機化合物蒸着源b3217および有機化合物蒸着源c3218）を有する真空槽3210を用

い、正孔輸送材料3221、電子輸送材料3222および発光材料3223を含む有機化合物層を形成する過程を示す。

【0122】まず、真空槽3210内に、陽極3202を有する基板3201を搬入し、固定台3211にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。次に、真空槽3210内を減圧（ 10^{-4} パスカル以下が好ましい）した後、容器a3212を加熱し、正孔輸送材料3221を蒸発させ、所定の蒸着レート（単位：[nm/s]）に達してからシャッターa3214を開け、蒸着を開始する。この時、シャッターb3215を閉じたまま、容器b3213も加熱しておく。

【0123】その後、シャッターa3214を開いたまま、シャッターb3215を開けることによって、電子輸送材料3222を共蒸着し、正孔輸送領域3203の後に混合領域3204を形成する。この操作により、正孔輸送領域3203と混合領域3204との間には、不純物層が混入しない。ここで、この混合領域904形成の際、微量の発光材料3223も途中で添加しておく（図32(b)で示した状態）。

【0124】さらに電子輸送領域を形成するため、シャッターb3215を開けたままシャッターa3214を閉じ、容器a3212の加熱を終了する。この操作により、混合領域3204と電子輸送領域との間には、不純物層が形成されない。

【0125】この方法を応用すれば、課題を解決するための手段で述べた有機発光素子は、全て作製可能である。例えば、混合領域3204にブロッキング材料を添加する場合は、図32(b)にそのブロッキング材料を蒸着するための蒸着源を設置し、混合領域の形成中に蒸発させればよい。

【0126】また、正孔注入領域または電子注入領域を形成する場合でも、各注入材料の蒸着源を同一の真空槽3210内に設置すればよい。例えば図32(b)において、陽極3202と正孔輸送領域3203との間に正孔注入領域を蒸着にて設ける場合は、陽極3202上に正孔注入材料を蒸着した後、インターバルをおかずにすぐ正孔輸送材料3221を蒸発させることで、不純物層の形成を避けることができる。

【0127】なお、以上で述べた混合領域には濃度勾配を形成することもできるので、ここで濃度勾配の形成手法の例について言及しておく。ここでは、抵抗加熱による真空蒸着で成膜できる場合について述べる。濃度勾配の形成手法に関しては、材料の蒸発温度と蒸着レート（通常、単位はnm/s）との相関がとれている場合、温度制御により蒸着レートを制御することも可能である。しかしながら、特に通常粉末形状で用いる有機材料の熱伝導性は悪く、温度による制御はむらを生じやすい。したがって、濃度勾配を形成する2種類の材料をそれぞれ別の蒸着源に用意し、シャッターを利用した蒸着レート制御（膜厚は水晶振動子によってモニターする）で行うことが好ましい。その形態を図11に示す。

【0128】図11では、図24で示した素子構造を例

に、濃度勾配の形成手法を説明する。したがって、図11中では図24で用いた符号を引用する。まず、成膜室1110内に、陽極1102を有する基板1101を搬入し、固定台1111にて固定する（蒸着時には通常、基板は回転させる）。

【0129】次に、正孔輸送材料1116を設置した試料室a1112を加熱し、シャッターa1114を開けることにより、正孔輸送材料1116からなる正孔輸送領域2405を成膜する。この時、電子輸送材料1117を設置した試料室b1113も同時に加熱しておくが、シャッターb1115は閉じておく。

【0130】正孔輸送領域2405が所定の膜厚に達したあと、シャッターa1114を徐々に閉じると同時に、シャッターb1115を徐々に開いていく。この時の開閉速度により、混合領域2407の濃度勾配を形成する。その開閉速度は、シャッターa1114が完全に閉じる頃に、混合領域2407が所定の膜厚に達するように、かつ、電子輸送材料1117が所定の蒸着レート（電子輸送領域2406を蒸着する際のレート）に達するように、設定すればよい。その後は、シャッターb1115を開けたまま電子輸送領域2406を形成して、図24の素子構造において濃度勾配を形成した素子が可能になる。

【0131】なお、この方法は図24以外の素子構造において、濃度勾配を形成する場合も全て適用可能である。また、バイポーラー性混合層あるいは混合領域に発光材料をドーピングするような場合は、図11の蒸着源をさらに一つ増やし、ドーピング時間帯のみドーパントの蒸着源のシャッターを開ければよい。

【0132】ただし、濃度勾配を形成する手段は、この手法のみに限らない。

【0133】ところで、上で述べたようないくつかの実施の形態は、複合して用いることも可能である。例えば、正孔輸送性混合層、電子輸送性混合層、バイポーラー性混合層を組み合わせて適用する手法である。その一例を図8に示す。

【0134】図8に示す素子構造は、陽極802を有する基板801上に、正孔注入材料811および正孔輸送材料812からなる正孔輸送性混合層803、正孔輸送材料812および電子輸送材料813からなるバイポーラー性混合層804、電子輸送材料813および電子注入材料814からなる電子輸送性混合層805、そして陰極806を積層したものである。

【0135】なお、本実施の形態においては、バイポーラー性混合層804内部に、発光材料815を少量ドーピングした発光領域807が設けられている。また、各層においては、グラフ810に示したような濃度勾配を形成した。なお、このような濃度勾配を形成した場合の、予想されるバンドダイアグラムの模式図を図19に示す。

【0136】本素子構造によって、従来ならば正孔注入層・正孔輸送層・電子輸送層・電子注入層という四層構造（図19(a)）が、三層構造（図19(b)）に収まるこ

となる。しかも、図19(b)に示されるとおり、各混合層内はなだらかなエネルギー障壁がなく、また、各混合層間は正孔輸送材料812および電子輸送材料813によって連続的に接合されており、キャリアの移動に有利である。

【0137】次に、上記のように各混合層を組み合わせるといふ素子を、三重項発光素子に適用した場合の実施の形態を説明する。通常、三重項発光素子の基本構造は、文献8に示されるとおり図9のような素子構造である。すなわち、基板901、陽極902、正孔輸送層903、ホスト材料に三重項発光材料をドーピングして形成される発光層904、ブロッキング層905、電子輸送層906、そして陰極907である。ブロッキング層905はブロッキング材料からなり、正孔をブロックして発光層904におけるキャリアの再結合効率を高めると同時に、発光層904において発生した分子励起子の拡散を防ぐ役割も果たす。また、電子輸送性の材料でもある。

【0138】図9の素子構造に対し、正孔注入層や電子注入層を設けることにより、さらに発光効率を高めることができる。しかしながら、ただでさえ図9に示すような5層構造である上に、さらに層を増やすことによって、界面の数はさらに増加してしまう。そこで、本発明を適用する。

【0139】すなわち、図9において、正孔輸送層903を正孔注入材料と正孔輸送材料とからなる正孔輸送性混合層とする、発光層904を正孔輸送材料と発光層のホスト材料とからなるバイポーラー性混合層とする、電子輸送層906を電子輸送材料と電子注入材料とからなる電子輸送性混合層とする、などの手法である。三重項発光材料は、発光層のホスト材料が存在する部分にドーピングすればよい。また、図2～図4に示したように、各混合層に濃度勾配を形成することも有効である。

【0140】なお、図9においては、ブロッキング層905は単独の層として用いているが、本発明を実施する場合、発光層のホスト材料と混合してもよい（すなわち、ブロッキング性混合層を形成してもよい）。ただし、分子励起子の拡散を防ぐ観点から、陰極側においてブロッキング材料が高濃度となるように、濃度勾配を形成することが好ましい。

【0141】以上をふまえ、各混合層を組み合わせるといふ素子を三重項発光素子に適用した実施の形態の一例を図10に示す。すなわち、陽極1002を有する基板1001上に、正孔注入材料1011および正孔輸送材料1012からなる正孔輸送性混合層1003、正孔輸送材料1012およびホスト材料1013からなるバイポーラー性混合層1004、ホスト材料1013およびブロッキング材料1014からなるブロッキング性混合層1005、ブロッキング材料1014（この場合、電子輸送材料も兼ねている）および電子注入材料1015からなる電子輸送性混合層1006、そして陰極1007を積層したものである。各層には、グラフ1010に示すような濃度

勾配を形成した。

【0142】なお、本実施の形態は三重項発光素子であるため、三重項発光材料1016を少量ドーピングした発光領域1008が設けてある。発光領域1008は、図10で示されているようにホスト材料1013の濃度が高い領域に設置することが好ましい。また、グラフ1010に示したような濃度勾配を形成した場合の、予想されるバンドダイアグラムの模式図を図20(b)に示す。

【0143】本素子構造によって、従来ならば正孔注入層・正孔輸送層・発光層・ブロッキング層（電子輸送層を兼ねる）・電子注入層という五層構造（図20(a)）が、四層構造（図20(b)）に収まることになる。しかも、図20(b)に示されるとおり、各混合層内はなだらかなエネルギー障壁がなく、また、各混合層間は正孔輸送材料1012、ホスト材料1013、およびブロッキング材料1014（電子輸送材料を兼ねている）によって連続的に接合されており、キャリアの移動に有利である。

【0144】最後に、正孔注入材料、正孔輸送材料、電子輸送材料、電子注入材料、ブロッキング材料、発光材料、陰極の構成材料などに好適な材料を以下に列挙する。ただし、本発明の有機発光素子に用いる材料は、これらに限定されない。

【0145】正孔注入材料としては、有機化合物であればポルフィリン系の化合物が有効であり、フタロシアニン（略称；H2Pc）、銅フタロシアニン（略称；CuPc）などがある。導電性高分子化合物に化学ドーピングを施した材料もあり、ポリスチレンスルホン酸（略称；PSS）をドーピングしたポリエチレンジオキシチオフェン（略称；PEDOT）や、ポリアニリン（略称；PAni）、ポリビニルカルバゾール（略称；PVK）などが挙げられる。また、絶縁体の高分子化合物も陽極の平坦化の点で有効であり、ポリイミド（略称；PI）がよく用いられる。さらに、無機化合物も用いられ、金や白金などの金属薄膜の他、酸化アルミニウム（アルミナ）の超薄膜などがある。

【0146】正孔輸送材料として最も広く用いられているのは、芳香族アミン系（すなわち、ベンゼン環一窒素の結合を有するもの）の化合物である。広く用いられている材料として、先に述べたTPDの他、その誘導体である4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]-ビフェニル（略称； α -NPD）や、4, 4', 4''-トリス(N, N-ジフェニル-アミノ)-トリフェニルアミン（略称；TDATA）、4, 4', 4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニル-アミノ]-トリフェニルアミン（略称；MTDATA）などのスターバースト型芳香族アミン化合物が挙げられる。

【0147】電子輸送材料としては、金属錯体がよく用いられ、先に述べたAlq3の他、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム（略称；Al(mq3)）、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト)ベリ

リウム (略称; Be(Bq)₂) などのキノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体や、混合配位子錯体であるビス (2-メチル-8-キノリノラト) - (4-フェニルフェノラト) - アルミニウム (略称; BAlq) などがある。また、ビス [2- (2-ヒドロキシフェニル) - ベンゾオキサゾラト] 亜鉛 (略称; Zn(BOX)₂)、ビス [2- (2-ヒドロキシフェニル) - ベンゾチアゾラト] 亜鉛 (略称; Zn(BTZ)₂) などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体もある。さらに、金属錯体以外にも、2- (4-ビフェニル) - 5- (4-tert-ブチルフェニル) - 1, 3, 4-オキサジアゾール (略称; PBD)、1, 3-ビス [5- (p-tert-ブチルフェニル) - 1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル] ベンゼン (略称; OXD-7) などのオキサジアゾール誘導体、5- (4-ビフェニル) - 3- (4-tert-ブチルフェニル) - 4-フェニル-1, 2, 4-トリアゾール (略称; TAZ)、5- (4-ビフェニル) - 3- (4-tert-ブチルフェニル) - 4- (4-エチルフェニル) - 1, 2, 4-トリアゾール (略称; p-EtTAZ) などのトリアゾール誘導体、バソフェナントロリン (略称; BPhen)・バソキュープロイン (略称; BCP) と記す) などのフェナントロリン誘導体が電子輸送性を有する。

【0148】電子注入材料としては、上で述べた電子輸送材料を用いることができる。その他に、フッ化リチウムなどのアルカリ金属ハロゲン化物や、酸化リチウムなどのアルカリ金属酸化物のような絶縁体の、超薄膜がよく用いられる。また、リチウムアセチルアセトネート (略称; Li(acac)) や 8-キノリノラト-リチウム (略称; Liq) などのアルカリ金属錯体も有効である。

【0149】ブロッキング材料としては、上で述べた BAlq、OXD-7、TAZ、p-EtTAZ、BPhen、BCP などが、励起エネルギーレベルが高いため有効である。

【0150】発光材料 (ドープメントとして用いるものも含む) としては、先に述べた Alq₃、Al(mq)₃、Be(Bq)₂、BAlq、Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂ などの金属錯体の他、各種蛍光色素が有効である。また、三重項発光材料も可能であり、白金ないしはイリジウムを中心金属とする錯体が主体である。三重項発光材料としては、トリス (2-フェニルピリジン) イリジウム (略称; Ir(ppz)₃)、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18-オクタエチル-21H, 23H-ポルフィリン-白金 (略称; PtOEP) などが知られている。

【0151】以上で述べたような各機能を有する材料を、各々組み合わせ、本発明の有機発光素子に適用することにより、従来よりも駆動電圧が低い上に素子の寿命が長い有機発光素子を作製することができる。

【0152】

【実施例】 [実施例1] 本実施例では、発明の実施の形態において図5で示したような、正孔輸送性混合層を適

用した素子を具体的に例示する。

【0153】まず、ガラス基板501上にインジウム錫酸化物 (以下、「ITO」と記す) をスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極502とする。次に、正孔注入材料であるCuPcと正孔輸送材料であるα-NPDを1:1の蒸着レート比で共蒸着することにより、正孔輸送性混合層503を形成する。膜厚は50nmとする。

【0154】さらに発光層504として、Alq₃にルブレンを5wt%ドープした層を10nm積層する。最後に、電子輸送層505としてAlq₃を40nm、陰極506としてAl:Li合金 (Liは質量比で0.5wt%) を150nm程度成膜することにより、ルブレんに由来する黄色発光の有機発光素子を作製できる。

【0155】 [実施例2] 本実施例では、発明の実施の形態において図6で示したような、電子輸送性混合層を適用した素子を具体的に例示する。

【0156】まず、ガラス基板601上にITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極602とする。次に、正孔輸送材料であるα-NPDを50nm成膜することにより、正孔輸送層603を形成する。

【0157】さらに、発光層604としてペリレンを10nm積層したあと、電子輸送材料であるBPhenと電子注入材料であるAlq₃を1:1の蒸着レート比で共蒸着することにより、電子輸送性混合層605を形成する。膜厚は40nmとする。最後に、陰極606としてAl:Li合金 (Liは重量比で0.5wt%) を150nm程度成膜することにより、ペリレンに由来する青色発光の有機発光素子を作製できる。

【0158】 [実施例3] 本実施例では、図24で示した有機発光素子において、陽極2402と有機化合物層2403との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を挿入した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0159】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2402を形成したガラス基板2401を用意する。この陽極2402を有するガラス基板2401を、図31において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、4種類の材料 (3種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属) を蒸着するため、4つの蒸着源が必要となる。

【0160】まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料であるα-NPDの蒸着を0.3nm/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0161】α-NPDのみからなる正孔輸送領域2405を30nm形成した後、α-NPDの蒸着レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるAlq₃の蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、α-NPDとAlq₃のレート比率が1:1となるような混合領域2407を、共蒸着にて形成することになる。

【0162】混合領域2407が30nmに達した後、 α -NPDの方は蒸着を終了し、Alq₃のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2406を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、Alq₃に由来する緑色発光の有機発光素子を得る。

【0163】〔実施例4〕本実施例では、図29(a)で示した有機発光素子において、陽極2702と有機化合物層2703との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を挿入した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0164】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2702を形成したガラス基板2701を用意する。この陽極2702を有するガラス基板2701を、図32において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料（4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0165】まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料である α -NPDの蒸着を0.3nm/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0166】 α -NPDのみからなる正孔輸送領域2705を30nm形成した後、 α -NPDの蒸着レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるAlq₃の蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、 α -NPDとAlq₃のレート比率が1:1となるような混合領域2707を、共蒸着にて形成することになる。同時に、蛍光色素である4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン（略称：DCM）を、発光材料2708として添加しておく。割合は、重量比率にして、Alq₃:DCM=50:1となるように蒸着レートを制御する。

【0167】混合領域2707が30nmに達した後、 α -NPDおよびDCMは蒸着を終了し、Alq₃のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2706を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、DCMに由来する赤色発光の有機発光素子を得る。

【0168】〔実施例5〕本実施例では、図29(b)で示した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0169】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2702を形成したガラス基板2701を用意する。この陽極2702を有するガラス基板2701を、図32において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、4種類の材料（3種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、4つの蒸着源が必要となる。

【0170】まず、正孔輸送材料である α -NPDのみか

らなる正孔輸送領域2705を40nm形成した後、 α -NPDの蒸着レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるAlq₃の蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、 α -NPDとAlq₃のレート比率が1:1となるような混合領域2707を、共蒸着にて形成することになる。

【0171】混合領域2707は30nm形成するが、この時、混合領域2707における中間の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、10nm~20nmの間）は、蛍光色素である4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン（以下、「DCM」と記す）を、発光材料2708として約1wt%程度の割合でドープしておく。

【0172】混合領域が30nmに達した後、 α -NPDの方は蒸着を終了し、Alq₃のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2706を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、DCMに由来する赤色発光の有機発光素子を得る。

【0173】〔実施例6〕本実施例では、発明の実施の形態において図26(a)で示したような混合領域を適用した素子に対し、濃度勾配を施したものを具体的に例示する。なお、濃度勾配を形成するため、図11で示したような装置を用いて素子を作製する。本実施例の場合は、正孔輸送材料、電子輸送材料、および発光材料の3種類の蒸着源を必要とする。

【0174】まず、ガラス基板2601上にITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2602とする。次に、正孔輸送材料である α -NPDを40nm成膜することにより、正孔輸送領域2605を形成する。

【0175】さらに、発明の実施の形態において説明したように、正孔輸送材料（ α -NPD）の蒸着源のシャッターを徐々に閉じると同時に、電子輸送材料（本実施例ではAlq₃を用いる）の蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、 α -NPDとAlq₃とからなる濃度勾配を有する混合領域2607を20nm成膜する。この時、混合領域2607の厚み20nmの中間に位置する10nmの領域に、発光材料2608としてルブレンを約5wt%程度の割合でドープする。

【0176】混合領域が20nmに達したあと、電子輸送材料（Alq₃）の蒸着源のシャッターのみを開けた状態で、Alq₃で構成される電子輸送領域2606を形成する。最後に、陰極2604としてAl:Li合金（Liは重量比で0.5wt%）を150nm程度成膜することにより、ルブレンに由来する黄色発光の有機発光素子を作製できる。

【0177】〔実施例7〕本実施例では、図26(b)で示した有機発光素子において、陽極2602と有機化合物層2603との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を挿入し、陰極2604と有機化合物層2603との間に電子注入材料からなる電子注入領域を挿入した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0178】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2602を形成したガラス基板2601を用意する。この陽極2602を有するガラス基板2601を、図31において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、7種類の材料（6種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、7つの蒸着源が必要となる。

【0179】まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかず、正孔輸送材料であるTPDの蒸着を0.2nm/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0180】TPDのみからなる正孔輸送領域2605を30nm形成した後、TPDの蒸着レートは0.2nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるBeBq₂の蒸着も0.8nm/sにて開始する。すなわち、TPDとBeBq₂のレート比率が1:4となるような混合領域2607を、共蒸着にて形成することになる。

【0181】混合領域2607は30nm形成するが、この時、混合領域2607における中間の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、10nm～20nmの間）は、蛍光色素であるルブレンを、発光材料2608として約5wt%の割合でドーブしておく。また、混合領域2607における最後の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、20nm～30nmの間）は、ブロッキング材料2609として、BCPをドーブしておく。BCPドーブ時の各材料の蒸着レート比は、TPD:BeBq₂:BCP=1:4:3とする。

【0182】混合領域2607が30nmに達した後、TPDおよびBCPの方は蒸着を終了し、BeBq₂のみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2606を形成する。厚さは40nmとする。BeBq₂の蒸着を終了すると同時に、インターバルをおかず、電子注入材料であるLi(acac)の蒸着を開始して2nm程度蒸着する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0183】最後に、陰極としてアルミニウムを150nm程度蒸着することにより、ルブレンに由来する黄色発光の有機発光素子を得る。

【0184】〔実施例8〕本実施例では、図30(b)で示した有機発光素子を、具体的に例示する。

【0185】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極2702を形成したガラス基板2701を用意する。この陽極2702を有するガラス基板2701を、図32において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、5種類の材料（4種類は有機化合物であり、1種類は陰極となる金属）を蒸着するため、5つの蒸着源が必要となる。

【0186】まず、正孔輸送材料であるMTDATAのみからなる正孔輸送領域2705を40nm形成した後、MTDATAの蒸着

レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるPBDの蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、MTDATAとPBDの比率が1:1となるような混合領域2707を、共蒸着にて形成することになる。

【0187】混合領域2707は30nm形成するが、この時、混合領域2707における中間の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、10nm～20nmの間）は、蛍光色素であるペリレンを発光材料2708として添加するが、その割合は、MTDATA:PBD:ペリレン=4:16:1となるように蒸着レートを制御する。また、混合領域2707における最後の10nm（つまり、混合領域30nmのうち、20nm～30nmの間）は、ブロッキング材料2709としてBCPを添加するが、そのレート比率は、MTDATA:PBD:BCP=1:4:5とする。

【0188】混合領域が30nmに達した後、MTDATAおよびBCPの方は蒸着を終了し、PBDのみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域2706を形成する。厚さは40nmとする。最後に、陰極としてAl:Li合金を150nm程度蒸着することにより、ペリレンに由来する青色発光の有機発光素子を得る。

【0189】〔実施例9〕本実施例では、発明の実施の形態において図8で示したような、正孔輸送性混合層・バイポーラー性混合層・電子輸送性混合層を複合して適用した素子を具体的に例示する。なお、本実施例では濃度勾配（図8中のグラフ810）を形成するため、実施例3と同様、図11にて示したようなシャッター付きの蒸着源を用いる。

【0190】まず、ガラス基板801上にITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極802とする。次に、正孔注入材料811であるCuPcと正孔輸送材料812である α -NPDとからなる正孔輸送性混合層803を、40nm成膜する。この時、シャッターの開閉によりグラフ810のような濃度勾配を形成する。

【0191】今度は、 α -NPDの蒸着源のシャッターを徐々に閉じると同時に、電子輸送材料813であるAlq₃の蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、濃度勾配を有するバイポーラー性混合層804を20nm成膜する。この時、バイポーラー性混合層804の厚み20nmの中間に位置する10nmの領域807は、発光材料815である4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピラン（以下、「DCM」と記す）を1wt%の割合でドーブする。

【0192】バイポーラー性混合層804が20nmに達したあと、Alq₃のシャッターのみを開けた状態でAlq₃を35nm蒸着する。最後の5nmの領域において、Alq₃の蒸着源のシャッターを徐々に閉じると同時に、電子注入材料814であるLi(acac)の蒸着源のシャッターを徐々に開けていくことにより、合計40nmの電子輸送性混合層805を形成する。すなわち、Li(acac)の濃度勾配を急峻に設定することになる（グラフ810では電子注入材料814の傾きが一

定であるような図示であるが、本実施例では最後の方だけ急激に立ち上がることになる）。

【0193】最後に、陰極806としてAlを150nm程度成膜することにより、DCMに由来する赤色発光の有機発光素子を作製できる。

【0194】[実施例10] 本実施例では、図29(b)で示した有機発光素子において、陽極2702と有機化合物層2703との間に正孔注入材料からなる正孔注入領域を、陰極2704と有機化合物層との間に電子注入材料からなる電子注入領域を、それぞれ挿入し、かつ、発光材料として三重項発光材料を適用した有機発光素子の例を、具体的に例示する。その素子構造を図33に示す。

【0195】まず、ITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、ITO(陽極)を形成したガラス基板を用意する。このITOを有するガラス基板を、図32において示したような真空槽内に搬入する。本実施例では、7種類の材料(5種類は有機化合物であり、2種類は陰極となる無機材料)を蒸着するため、7つの蒸着源が必要となる。

【0196】まず、正孔注入材料であるCuPcを20nm蒸着するが、20nmに達してCuPcの蒸着を終えると同時に、インターバルをおかずに、正孔輸送材料である α -NPDの蒸着を0.3nm/sの蒸着レートで開始する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0197】 α -NPDのみからなる正孔輸送領域を30nm形成した後、 α -NPDの蒸着レートは0.3nm/sに固定したまま、電子輸送材料であるBAIqの蒸着も0.3nm/sにて開始する。すなわち、 α -NPDとBAIqのレート比率が1:1となるような混合領域(α -NPD+BAIq)を、共蒸着にて形成することになる。

【0198】混合領域は20nm形成するが、この時、混合領域における中間の10nm(つまり、混合領域20nmのうち、5nm~15nmの間)は、三重項発光材料であるIr(ppp)₃を、発光材料として添加しておく。その割合は、重量比率にして、BAIq:Ir(ppp)₃=50:7とする。

【0199】混合領域が20nmに達した後、 α -NPDおよびIr(ppp)₃の方は蒸着を終了し、BAIqのみ引き続き蒸着し続けることで、電子輸送領域を形成する。厚さは20nmとする。BAIqの蒸着を終了すると同時に、インターバルをおかずに、電子注入材料であるAlq₃の蒸着を開始して30nm程度蒸着する。インターバルをおかない理由は、先に述べたように、不純物層の形成を防ぐためである。

【0200】最後に、LiFを1nm程度、アルミニウムを150nm程度蒸着することにより、陰極を形成し、Ir(ppp)₃に由来する緑色発光の三重項発光素子を得る。

【0201】[実施例11] 本実施例では、発明の実施の形態において図9で示したような三重項発光素子に、本発明を適用した素子を具体的に例示する。その素子構造を図10に示す。なお、本実施例では濃度勾配(図1

0中のグラフ1010)を形成するため、図11にて示したようなシャッター付きの蒸着源を用いる。

【0202】まず、ガラス基板1001上にITOをスパッタリングによって100nm程度成膜し、陽極1002とする。次に、正孔注入材料1011であるCuPcと正孔輸送材料1012である α -NPDとからなる正孔輸送性混合層1003を、40nm成膜する。この時、シャッターの開閉によりグラフ1010のような濃度勾配を形成する。

【0203】引き続き、 α -NPDの蒸着レートを徐々に減少しつつ、三重項発光材料のホスト材料1013である4,4'-N,N'-ジカルバゾール-ビフェニル(以下、「CBP」と記す)の蒸着レートを上げていくことにより、 α -NPDとCBPとからなる濃度勾配を有するバイポーラー性混合層1004を20nm形成する。今度は、CBPの蒸着レートを減少させつつ、ブロッキング材料1014であるBCPの蒸着レートを上げていくことにより、CBPとBCPとからなる濃度勾配を有するブロッキング性混合層1005を形成する。膜厚は10nmとする。

【0204】本実施例は三重項発光素子であるため、バイポーラー性混合層1004およびブロッキング性混合層1005を形成する間に、三重項発光材料1016であるトリス(2-フェニルピリジン)イリジウム(以下、「Ir(ppp)₃」)と記す)をドーピングする。そのドーピング領域1008は、ホスト材料であるCBPの濃度が高い領域、すなわち、バイポーラー性混合層1004とブロッキング性混合層1005との境界付近が最も適している。本実施例では、前記境界の±5nm、合計10nmをドーピング領域1008とし、6wt%ドーピングする。

【0205】さらに、電子輸送性混合層1006は、電子輸送能力の高いBCPおよびAlq₃から構成する。BCPの濃度は陽極から離れるに従い小さくなり、Alq₃の濃度は逆に大きくなるように濃度勾配を形成する。すなわちこの場合、BCPはブロッキング材料かつ電子輸送材料、Alq₃は電子注入材料1015の役割を果たしている。電子輸送性混合層1006の膜厚は40nmとする。

【0206】最後に、陰極1007としてAl:Li合金(Liは重量比で0.5wt%)を150nm程度成膜することにより、Ir(ppp)₃に由来する緑色の三重項発光を呈する有機発光素子を作製できる。

【0207】[実施例12] 本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置について説明する。図12(a)は本発明の有機発光素子を用いたアクティブマトリクス型発光装置の断面図である。なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ(以下、「TFT」と記す)を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。

【0208】また、TFTとしてトップゲート型TFT(具体的にはプレーナ型TFT)を例示するが、ボトムゲート型TFT(典型的には逆スタガ型TFT)を用いることもできる。

【0209】図12(a)において、1201は基板であり、ここでは可視光を透過する基板を用いる。具体的には、ガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板もしくはプラスチック基板（プラスチックフィルムを含む）を用いればよい。なお、基板1201とは、表面に設けた絶縁膜も含めるものとする。

【0210】基板1201の上には画素部1211および駆動回路1212が設けられている。まず、画素部1211について説明する。

【0211】画素部1211は画像表示を行う領域である。基板上には複数の画素が存在し、各画素には有機発光素子に流れる電流を制御するためのTFT（以下、「電流制御TFT」と記す）1202、画素電極（陽極）1203、有機化合物層1204および陰極1205が設けられている。なお、図12(a)では電流制御TFTしか図示していないが、電流制御TFTのゲートに加わる電圧を制御するためのTFT（以下、「スイッチングTFT」と記す）を設けている。

【0212】電流制御TFT1202は、ここではpチャネル型TFTを用いることが好ましい。nチャネル型TFTとすることも可能であるが、図12(a)のように有機発光素子の陽極に電流制御TFTを接続する場合は、pチャネル型TFTの方が消費電力を押さえることができる。ただし、スイッチングTFTはnチャネル型TFTでもpチャネル型TFTでもよい。

【0213】また、電流制御TFT1202のドレインには画素電極1203が電気的に接続されている。本実施例では、画素電極1203の材料として仕事関数が4.5~5.5eVの導電性材料を用いるため、画素電極1203は有機発光素子の陽極として機能する。画素電極1203として代表的には、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛もしくはこれらの化合物（ITOなど）を用いればよい。画素電極1203の上には有機化合物層1204が設けられている。

【0214】さらに、有機化合物層1204の上には陰極1205が設けられている。陰極1205の材料としては、仕事関数が2.5~3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。陰極1205として代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。

【0215】また、画素電極1203、有機化合物層1204、および陰極1205からなる層は、保護膜1206で覆われている。保護膜1206は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。保護膜1206の材料としては、窒化珪素、窒化酸化珪素、酸化アルミニウム、酸化タンタル、もしくは炭素（具体的にはダイヤモンドライクカーボン）を用いる。

【0216】次に、駆動回路1212について説明する。駆動回路1212は画素部1211に伝送される信号（ゲート信号およびデータ信号）のタイミングを制御する領域であり、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイ

ッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタが設けられている。図12(a)では、これらの回路の基本単位としてnチャネル型TFT1207およびpチャネル型TFT1208からなるCMOS回路を示している。

【0217】なお、シフトレジスタ、バッファ、ラッチ、アナログスイッチ（トランスファゲート）もしくはレベルシフタの回路構成は、公知のものでよい。また図12(a)では、同一の基板上に画素部1211および駆動回路1212を設けているが、駆動回路1212を設けずにICやLSIを電気的に接続することもできる。

【0218】また、図12(a)では電流制御TFT1202に画素電極（陽極）1203が電気的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、画素電極を陰極1205と同様の材料で形成し、陰極を画素電極（陽極）1203と同様の材料で形成すればよい。その場合、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0219】ところで、図12(a)に示した発光装置は、画素電極1203を形成した後に配線1209を形成する工程で作製されたものを示してあるが、この場合、画素電極1203が表面荒れを起こす可能性がある。有機発光素子は電流駆動型の素子であるため、画素電極1203の表面荒れにより、特性が悪くなることも考えられる。

【0220】そこで、図12(b)に示すように、配線1209を形成した後に画素電極1203を形成する発光装置も考えられる。この場合、図12(a)の構造に比べて、画素電極1203からの電流の注入性が向上すると考えられる。

【0221】また、図12においては、正テーパー型の土手状構造1210によって、画素部1211に設置されている各画素を分離している。この土手状構造を、例えば逆テーパー型のような構造にすることにより、土手状構造が画素電極に接しない構造をとることもできる。その一例を図34に示す。

【0222】図34では、配線を利用して分離部を兼ねた、配線および分離部3410を設けた。図34で示されるような配線および分離部3410の形状（ひさしのある構造）は、配線を構成する金属と、前記金属よりもエッチレートの高い材料（例えば金属窒化物）とを積層し、エッチングすることにより形成することができる。この形状により、画素電極3403や配線と、陰極3405とが、ショートすることを防ぐことができる。なお、図34においては、通常のアクティブマトリクス型の発光装置と異なり、画素上の陰極3405をストライプ状（パッシブマトリクスの陰極と同様）にする構造になる。

【0223】ここで、図12(b)に示したアクティブマトリクス型発光装置の外観を図13に示す。なお、図13(a)には上面図を示し、図13(b)には図13(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。また、図12の符号を引用する。

【0224】図13(a)において、1301は画素部、1302

はゲート信号側駆動回路、1303はデータ信号側駆動回路である。また、ゲート信号側駆動回路1302およびデータ信号側駆動回路1303に伝送される信号は、入力配線1304を介してTAB (Tape Automated Bonding) テープ1305から入力される。なお、図示しないが、TABテープ1305の代わりに、TABテープにIC (集積回路) を設けたTCP (Tape Carrier Package) を接続してもよい。

【0225】このとき、1306は図12(b)に示した有機発光素子の上方に設けられるカバー材であり、樹脂からなるシール材1307により接着されている。カバー材1306は酸素および水を透過しない材質であれば、いかなるものを用いてもよい。本実施例では、カバー材1306は図13(b)に示すように、プラスチック材1306aと、前記プラスチック材1306aの表面および裏面に設けられた炭素膜 (具体的にはダイヤモンドライクカーボン膜) 1306b、1306cからなる。

【0226】さらに、図13(b)に示すように、シール材1307は樹脂からなる封止材1308で覆われ、有機発光素子を完全に密閉空間1309に封入するようになっている。密閉空間1309は不活性ガス (代表的には窒素ガスや希ガス)、樹脂または不活性液体 (例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素) を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

【0227】また、本実施例に示した発光装置の表示面 (画像を観測する面) に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0228】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0229】〔実施例13〕本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置の例として、アクティブマトリクス型発光装置を例示するが、実施例12とは異なり、能動素子が形成されている基板とは反対側から光を取り出す構造 (以下、「上方出射」と記す) の発光装置を示す。図35にその断面図を示す。

【0230】なお、能動素子としてここでは薄膜トランジスタ (以下、「TFT」と記す) を用いているが、MOSトランジスタを用いてもよい。また、TFTとしてトップゲート型TFT (具体的にはプレーナ型TFT) を例示するが、ボトムゲート型TFT (典型的には逆スタガ型TFT) を用いることもできる。

【0231】本実施例において、基板3501、画素部に形成された電流制御TFT3502、および駆動回路3512に関しては、実施例12と同様の構成でよい。

【0232】電流制御TFT3502のドレインに接続されている第一電極3503であるが、本実施例では陽極として用いるため、仕事関数がより大きい導電性材料を用いることが好ましい。その代表例として、ニッケル、パラジウム、タングステン、金、銀などの金属が挙げられる。本実施例では、第一電極3503は光を透過しないことが好ましいが、それに加えて、光の反射性の高い材料を用いることがさらに好ましい。

【0233】第一電極3503の上には有機化合物層3504が設けられている。さらに、有機化合物層3504の上には第二電極3505が設けられており、本実施例では陰極とする。その場合、第二電極3505の材料としては、仕事関数が2.5~3.5eVの導電性材料を用いることが望ましい。代表的には、アルカリ金属元素もしくはアルカリ度類金属元素を含む導電膜、アルミニウムを含む導電膜、あるいはその導電膜にアルミニウムや銀などを積層したもの、を用いればよい。ただし、本実施例は上方出射であるため、第二電極3505が光透過性であることが大前提である。したがって、これらの金属を用いる場合は、20nm程度の超薄膜であることが好ましい。

【0234】また、第一電極3503、有機化合物層3504、および第二電極3505からなる層は、保護膜3506で覆われている。保護膜3506は、有機発光素子を酸素および水から保護するために設けられている。本実施例では、光を透過するものであればいかなるものを用いてもよい。

【0235】なお、図35では電流制御TFT3502に第一電極 (陽極) 3503が電気的に接続されているが、陰極が電流制御TFTに接続された構造をとることもできる。その場合、第一電極を陰極の材料で形成し、第二電極を陽極の材料で形成すればよい。このとき、電流制御TFTはnチャネル型TFTとすることが好ましい。

【0236】さらに、3507はカバー材であり、樹脂からなるシール材3508により接着されている。カバー材3507は酸素および水を透過しない材質で、かつ、光を透過する材質であればいかなるものを用いてもよい。本実施例ではガラスを用いる。密閉空間3509は不活性ガス (代表的には窒素ガスや希ガス)、樹脂または不活性液体 (例えばパーフルオロアルカンに代表される液状のフッ素化炭素) を充填しておけばよい。さらに、吸湿剤や脱酸素剤を設けることも有効である。

【0237】なお、ゲート信号側駆動回路およびデータ信号側駆動回路に伝送される信号は、入力配線3513を介してTAB (Tape Automated Bonding) テープ3514から入力される。なお、図示しないが、TABテープ3514の代わりに、TABテープにIC (集積回路) を設けたTCP (Tape Carrier Package) を接続してもよい。

【0238】また、本実施例に示した発光装置の表示面 (画像を観測する面) に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的に

は、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0239】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【実施例14】

【0240】本実施例では、本発明で開示した有機発光素子を含む発光装置の例として、パッシブマトリクス型発光装置を例示する。図14(a)にはその上面図を示し、図14(b)には図14(a)をP-P'で切断した時の断面図を示す。

【0241】図14(a)において、1401は基板であり、ここではプラスチック材を用いる。プラスチック材としては、ポリイミド、ポリアミド、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、PES(ポリエチレンサルファイド)、PC(ポリカーボネート)、PET(ポリエチレンテレフタレート)もしくはPEN(ポリエチレンナフタレート)を板状、もしくはフィルム上にしたものが使用できる。

【0242】1402は酸化導電膜からなる走査線(陽極)であり、本実施例では酸化亜鉛に酸化ガリウムを添加した酸化物導電膜を用いる。また、1403は金属膜からなるデータ線(陰極)であり、本実施例ではビスマス膜を用いる。また、1404はアクリル樹脂からなるバンクであり、データ線1403を分断するための隔壁として機能する。走査線1402とデータ線1403は両方とも、ストライプ状に複数形成されており、互いに直交するように設けられている。なお、図14(a)では図示していないが、走査線1402とデータ線1403の間には有機化合物層が挟まれており、交差部1405が画素となる。

【0243】そして、走査線1402およびデータ線1403はTABテープ1407を介して外部の駆動回路に接続される。なお、1408は走査線1402が集合してなる配線群を表しており、1409はデータ線1403に接続された接続配線1406の集合からなる配線群を表す。また、図示していないが、TABテープ1407の代わりに、TABテープにICを設けたTCPを接続してもよい。

【0244】また、図14(b)において、1410はシール材、1411はシール材1410によりプラスチック材1401に貼り合わされたカバー材である。シール材1410としては光硬化樹脂を用いればよく、脱ガスが少なく、吸湿性の低い材料が望ましい。カバー材としては基板1401と同一の材料が好ましく、ガラス(石英ガラスを含む)もしくはプラスチックを用いることができる。ここではプラスチック材を用いる。

【0245】次に、画素領域の構造の拡大図を図14(c)に示す。1413は有機化合物層である。なお、図14(c)に示すように、バンク1404は下層の幅が上層の幅よりも狭い形状になっており、データ線1403を物理的に分

断できる。また、シール材1410で囲まれた画素部1414は、樹脂からなる封止材1415により外気から遮断され、有機化合物層の劣化を防ぐ構造となっている。

【0246】以上のような構成からなる本発明の発光装置は、画素部1414が走査線1402、データ線1403、バンク1404および有機化合物層1413で形成されるため、非常に簡単なプロセスで作製することができる。

【0247】また、本実施例に示した発光装置の表示面(画像を観測する面)に偏光板をもうけてもよい。この偏光板は、外部から入射した光の反射を押さえ、観測者が表示面に映り込むことを防ぐ効果がある。一般的には、円偏光板が用いられている。ただし、有機化合物層から発した光が偏光板により反射されて内部に戻ることを防ぐため、屈折率を調節して内部反射の少ない構造とすることが好ましい。

【0248】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0249】【実施例15】本実施例では、実施例14で示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0250】図15(a)に示すモジュールは、基板1501(ここでは、画素部1502、配線1503a、1503bを含む)にTABテープ1504が取り付けられ、前記TABテープ1504を介してプリント配線板1505が取り付けられている。

【0251】ここで、プリント配線板1505の機能ブロック図を図15(b)に示す。プリント配線板1505の内部には少なくともI/Oポート(入力もしくは出力部)1506、1509、データ信号側駆動回路1507およびゲート信号側回路1508として機能するICが設けられている。

【0252】このように、基板面に画素部が形成された基板にTABテープが取り付けられ、そのTABテープを介して駆動回路としての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特に駆動回路外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0253】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0254】【実施例16】本実施例では、実施例12もしくは実施例13もしくは実施例14に示した発光装置にプリント配線板を設けてモジュール化した例を示す。

【0255】図16(a)に示すモジュールは、基板1601(ここでは、画素部1602、データ信号側駆動回路1603、ゲート信号側駆動回路1604、配線1603a、1604aを含む)にTABテープ1605が取り付けられ、そのTABテープ1605を介してプリント配線板1606が取り付けられている。プリント配線板1606の機能ブロック図を図16(b)に示す。

【0256】図16(b)に示すように、プリント配線板1

606の内部には少なくともI/Oポート1607、1610、コントロール部1608として機能するICが設けられている。なお、ここではメモリ部1609を設けてあるが、必ずしも必要ではない。またコントロール部1608は、駆動回路の制御、映像データの補正などをコントロールするための機能を有した部位である。

【0257】このように、有機発光素子の形成された基板にコントローラーとしての機能を有するプリント配線板が取り付けられた構成のモジュールを、本明細書では特にコントローラー外付け型モジュールと呼ぶことにする。

【0258】なお、本実施例の発光装置に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した有機発光素子のいずれを用いてもよい。

【0259】【実施例17】本実施例では、実施例10および11で示したような三重項発光素子を、デジタル時間階調表示により駆動する発光装置の例を示す。本実施例の発光装置は、三重項励起状態からの発光を利用することによって高い発光効率を達成できると同時に、デジタル時間階調表示により均一な像を得ることができ、非常に有用である。

【0260】有機発光素子を用いた画素の、回路構成を図36(a)に示す。Trはトランジスタ、Csはストレージキャパシタを表す。図36(a)中の回路構成では、ソース線はトランジスタTr1のソース側に、ゲート線はトランジスタTr1のゲートに接続されている。また、電源供給線はストレージキャパシタCs、およびトランジスタTr2のソース側に接続されている。トランジスタTr2のドレイン側には本発明の有機発光素子の陽極が接続されているため、有機発光素子を挟んでトランジスタTr2の反対側は、陰極となっている。

【0261】この回路においては、ゲート線が選択されると、電流がソース線からTr1に流れ、その信号に対応する電圧がCsに蓄積される。そして、Tr2のゲートおよびソース間の電圧(V_{gs})により制御される電流が、Tr2および有機発光素子に流れることになる。

【0262】Tr1が選択されたあとは、Tr1はオフ状態となり、Csの電圧(V_{gs})が保持される。したがって、 V_{gs} に依存するだけの電流を流し続けることができる。

【0263】このような回路を、デジタル時間階調表示により駆動するチャートを図36(b)に示す。すなわち、1フレームを複数のサブフレームに分割するわけだが、図36(b)では、1フレームを6つのサブフレーム(SF1~SF6)に分割する6ビット階調とした。TAは書き込み時間である。この場合、それぞれのサブフレーム発光期間の割合は、図に示したように3:2:1:6:8:4:2:1となる。

【0264】本実施例におけるTFT基板の駆動回路の概要を図36(c)に示す。図36(c)中の基板構成では、本発明の有機発光素子を各画素とした画素部に対し、図3

6(a)で示したような電源供給線および陰極が接続されている。また、シフトレジスタは、シフトレジスタ→ラッチ1→ラッチ2→画素部の順で、画素部に接続されている。ラッチ1にはデジタル信号が入力され、ラッチ2に入力されるラッチパルスによって画像データを画素部に送り込むことができる。

【0265】ゲートドライバおよびソースドライバは同じ基板上に設けられている。本実施例では、画素回路およびドライバは、デジタル駆動するように設計されているため、TFT特性のばらつきの影響を受けることなく、均一な像を得ることができる。

【0266】【実施例18】本実施例では、本発明で開示した有機発光素子に一定の電流を流すことにより駆動する、アクティブマトリクス型の定電流駆動回路の例を示す。その回路構成を図37に示す。

【0267】図37に示す画素3710は、信号線Si、第1走査線Gj、第2走査線Pjおよび電源線Viを有している。また画素3710は、Tr1、Tr2、Tr3、Tr4、混合接合型の有機発光素子3711、および保持容量3712を有している。

【0268】Tr3とTr4のゲートは、共に第1走査線Gjに接続されている。Tr3のソースとドレインは、一方は信号線Siに、もう一方はTr2のソースに接続されている。またTr4のソースとドレインは、一方はTr2のソースに、もう一方はTr1のゲートに接続されている。つまり、Tr3のソースとドレインのいずれか一方と、Tr4のソースとドレインのいずれか一方とは、接続されている。

【0269】Tr1のソースは電源線Viに、ドレインはTr2のソースに接続されている。Tr2のゲートは第2走査線Pjに接続されている。そしてTr2のドレインは有機発光素子3711が有する画素電極に接続されている。有機発光素子3711は、画素電極と、対向電極と、画素電極と対向電極の間に設けられた有機化合物層とを有している。有機発光素子3711の対向電極は発光パネルの外部に設けられた電源によって一定の電圧が与えられている。

【0270】なお、Tr3とTr4は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。ただし、Tr3とTr4の極性は同じである。また、Tr1はnチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。Tr2は、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTのどちらでも良い。有機発光素子の画素電極と対向電極は、一方が陽極であり、他方が陰極である。Tr2がpチャネル型TFTの場合、陽極を画素電極として用い、陰極を対向電極として用いるのが望ましい。逆に、Tr2がnチャネル型TFTの場合、陰極を画素電極として用い、陽極を対向電極として用いるのが望ましい。

【0271】保持容量3712はTr1のゲートとソースとの間に形成されている。保持容量3712はTr1

のゲートとソースの間の電圧 (V_{gs}) をより確実に維持するために設けられているが、必ずしも設ける必要はない。

【0272】図37に示した画素では、信号線Siに供給される電流を信号線駆動回路が有する電流源において制御されている。

【0273】以上のような回路構成を適用することにより、有機発光素子に一定の電流を流して輝度を一定に保とうとする定電流駆動が可能となる。本発明で開示した混合領域を有する有機発光素子は従来の有機発光素子に比べて寿命が長い、上記のような定電流駆動を実施することでさらに長寿命化を図ることができるため、有効である。

【0274】[実施例19]上記実施例で述べた本発明の発光装置は、低消費電力で寿命が長いという利点を有する。したがって、前記発光装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも低い消費電力で動作可能であり、なおかつ長保ちする電気器具となる。特に電源としてバッテリーを使用する携帯機器のような電気器具に関しては、低消費電力化が便利さに直結する（電池切れが起こりにくい）ため、極めて有用である。

【0275】また、前記発光装置は、自発光型であることから液晶表示装置のようなバックライトは必要なく、有機化合物層の厚みも1 μ mに満たないため、薄型軽量化が可能である。したがって、前記発光装置が表示部等として含まれる電気器具は、従来よりも薄型軽量化な電気器具となる。このことも、特に携帯機器のような電気器具に関して、便利さ（持ち運びの際の軽さやコンパクトさ）に直結するため、極めて有用である。さらに、電気器具全般においても、薄型である（かさばらない）ことは運送面（大量輸送が可能）、設置面（部屋などのスペース確保）からみても有用であることは疑いない。

【0276】なお、前記発光装置は自発光型であるために、液晶表示装置に比べて明るい場所での視認性に優れ、しかも視野角が広いという特徴を持つ。したがって、前記発光装置を表示部として有する電気器具は、表示の見やすさの点でも大きなメリットがある。

【0277】すなわち、本発明の発光装置を用いた電気器具は、薄型軽量・高視認性といった従来の有機発光素子の長所に加え、低消費電力・長寿命という特長も保有しており、極めて有用である。

【0278】本実施例では、本発明の発光装置を表示部として含む電気器具を例示する。その具体例を図17および図18に示す。なお、本実施例の電気器具に含まれる有機発光素子には、本発明で開示した金属錯体のいずれを用いても良い。また、本実施例の電気器具に含まれる発光装置の形態は、図12～図16および図34～図37のいずれの形態を用いても良い。

【0279】図17(a)は有機発光素子を用いたディスプレイ装置であり、筐体1701a、支持台1702a、表示部1703aを含む。本発明の発光装置を表示部1703aとして用いたディスプレイを作製することにより、薄く軽量で、長保ちするディスプレイを実現できる。よって、輸送が簡便になり、設置の際の省スペースが可能となる上に、寿命も長い。

【0280】図17(b)はビデオカメラであり、本体1701b、表示部1702b、音声入力部1703b、操作スイッチ1704b、バッテリー1705b、受像部1706bを含む。本発明の発光装置を表示部1702bとして用いたビデオカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のビデオカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【0281】図17(c)はデジタルカメラであり、本体1701c、表示部1702c、接眼部1703c、操作スイッチ1704cを含む。本発明の発光装置を表示部1702cとして用いたデジタルカメラを作製することにより、消費電力が少なく、軽量のデジタルカメラを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。

【0282】図17(d)は記録媒体を備えた画像再生装置であり、本体1701d、記録媒体（CD、LD、またはDVDなど）1702d、操作スイッチ1703d、表示部(A)1704d、表示部(B)1705dを含む。表示部(A)1704dは主として画像情報を表示し、表示部(B)1705dは主として文字情報を表示する。本発明の発光装置をこれら表示部(A)1704dや表示部(B)1705dとして用いた前記画像再生装置を作製することにより、消費電力が少なく軽量な上に、長保ちする前記画像再生装置を実現できる。なお、この記録媒体を備えた画像再生装置には、CD再生装置、ゲーム機器なども含む。

【0283】図17(e)は携帯型（モバイル）コンピュータであり、本体1701e、表示部1702e、受像部1703e、操作スイッチ1704e、メモリスロット1705eを含む。本発明の発光装置を表示部1702eとして用いた携帯型コンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯型コンピュータを実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも簡便になる。なお、この携帯型コンピュータはフラッシュメモリや不揮発性メモリを集積化した記録媒体に情報を記録したり、それを再生したりすることができる。

【0284】図17(f)はパーソナルコンピュータであり、本体1701f、筐体1702f、表示部1703f、キーボード1704fを含む。本発明の発光装置を表示部1703fとして用いたパーソナルコンピュータを作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量のパーソナルコンピュータを実現できる。特に、ノートパソコンのように持ち歩く用途が必要な場合、電池の消費量や軽さの点で大きなメリットとなる。

【0285】なお、上記電気器具はインターネットなどの電子通信回線や電波などの無線通信を通じて配信される情報を表示することが多くなってきており、特に動画

情報を表示する機会が増えている。有機発光素子の応答速度は非常に速く、そのような動画表示に好適である。

【0286】次に、図18(a)は携帯電話であり、本体1801a、音声出力部1802a、音声入力部1803a、表示部1804a、操作スイッチ1805a、アンテナ1806aを含む。本発明の発光装置を表示部1804aとして用いた携帯電話を作製することにより、消費電力が少なく、薄型軽量の携帯電話を実現できる。よって、電池の消費量が少なくなり、持ち運びも楽になる上にコンパクトな本体にできる。

【0287】図18(b)は音響機器（具体的には車載用オーディオ）であり、本体1801b、表示部1802b、操作スイッチ1803b、1804bを含む。本発明の発光装置を表示部1802bとして用いた音響機器を作製することにより、消費電力が少なく、軽量の音響機器を実現できる。また、本実施例では車載用オーディオを例として示すが、家庭用オーディオに用いても良い。

【0288】なお、図17～図18で示したような電気器具において、さらに光センサを内蔵させ、使用環境の明るさを検知する手段を設けることで、使用環境の明るさに応じて発光輝度を変調させるような機能を持たせることは有効である。使用者は、使用環境の明るさに比べてコントラスト比で100～150の明るさを確保できれば、問題なく画像もしくは文字情報を認識できる。すなわち、使用環境が明るい場合は画像の輝度を上げて見やすくし、使用環境が暗い場合は画像の輝度を抑えて消費電力を抑えるといったことが可能となる。

【0289】また、本発明の発光装置を光源として用いた様々な電気器具も、低消費電力での動作や薄型軽量化が可能であるため、非常に有用と言える。代表的には、液晶表示装置のバックライトもしくはフロントライトといった光源、または照明機器の光源として本発明の発光装置を含む電気器具は、低消費電力の実現や薄型軽量化が可能である。

【0290】したがって、本実施例に示した図17～図18の電気器具の表示部を、全て液晶ディスプレイにする場合においても、その液晶ディスプレイのバックライトもしくはフロントライトとして本発明の発光装置を用いた電気器具を作製することにより、消費電力が少なく、薄くて軽量の電気器具が達成できる。

【0291】

【発明の効果】本発明を実施することで、消費電力が少なく上に、寿命も優れた発光装置を得ることができる。さらに、そのような発光装置を光源もしくは表示部に用

いることで、明るく消費電力が少ない上に、長保ちする電気器具を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】正孔注入層の役割を示す図。

【図2】濃度勾配を示す図。

【図3】濃度勾配を示す図。

【図4】濃度勾配を示す図。

【図5】有機発光素子の構造を示す図。

【図6】有機発光素子の構造を示す図。

【図7】有機発光素子の構造を示す図。

【図8】有機発光素子の構造を示す図。

【図9】有機発光素子の構造を示す図。

【図10】有機発光素子の構造を示す図。

【図11】蒸着装置を示す図。

【図12】発光装置の断面構造を示す図。

【図13】発光装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図14】発光装置の上面構造および断面構造を示す図。

【図15】発光装置の構成を示す図。

【図16】発光装置の構成を示す図。

【図17】電気器具の具体例を示す図。

【図18】電気器具の具体例を示す図。

【図19】エネルギーバンドダイアグラムを示す図。

【図20】エネルギーバンドダイアグラムを示す図。

【図21】有機化合物層の状態を表す図。

【図22】蒸着装置を示す図。

【図23】不純物層の形成を示す図。

【図24】有機発光素子の構造を示す図。

【図25】有機化合物層の状態を表す図。

【図26】有機発光素子の構造を示す図。

【図27】有機発光素子の構造を示す図。

【図28】濃度プロファイルを示す図。

【図29】有機発光素子の構造を示す図。

【図30】有機発光素子の構造を示す図。

【図31】蒸着装置を示す図。

【図32】蒸着装置を示す図。

【図33】有機発光素子の構造を示す図。

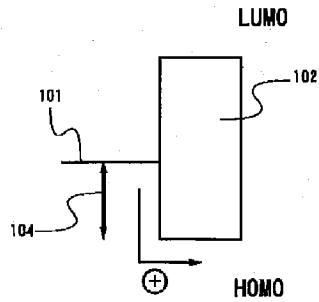
【図34】発光装置の断面構造を示す図。

【図35】発光装置の断面構造を示す図。

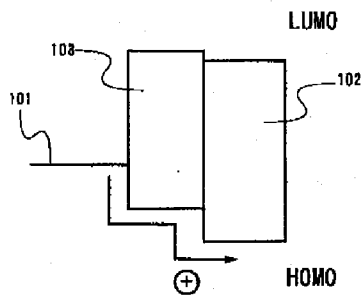
【図36】発光装置の構成を示す図。

【図37】発光装置の構成を示す図。

【図1】

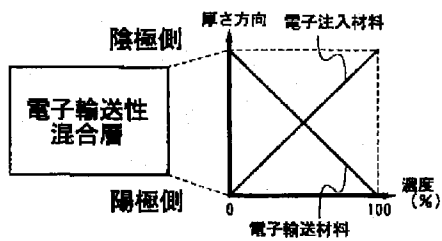


(a)

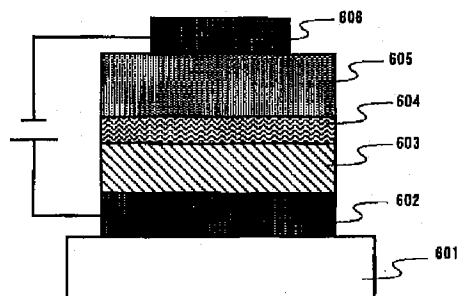


(b)

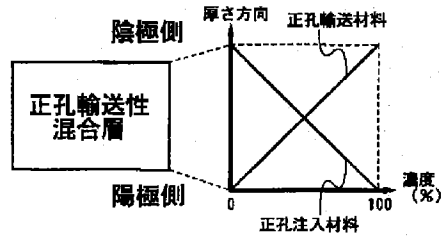
【図3】



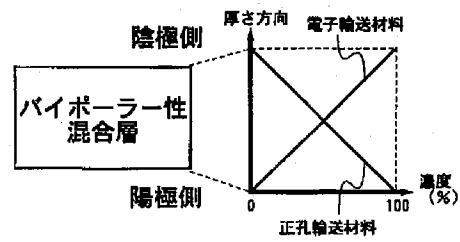
【図6】



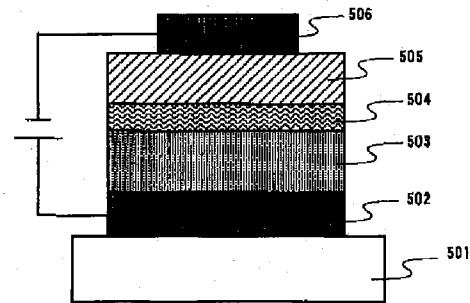
【図2】



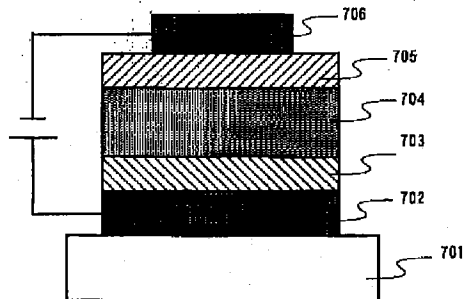
【図4】



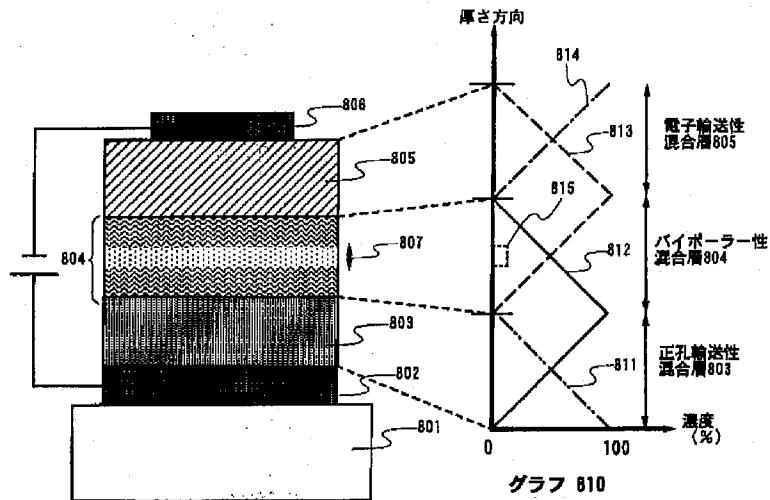
【図5】



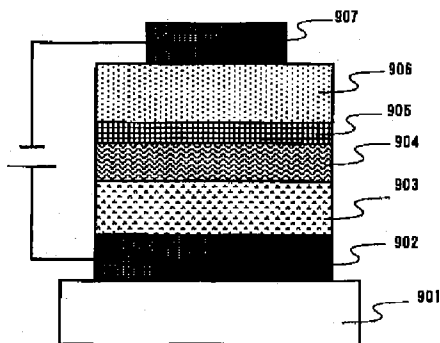
【図7】



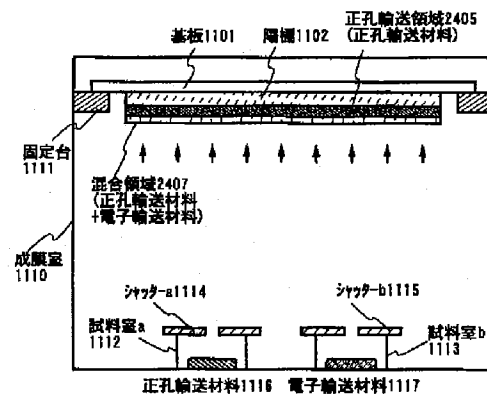
【図8】



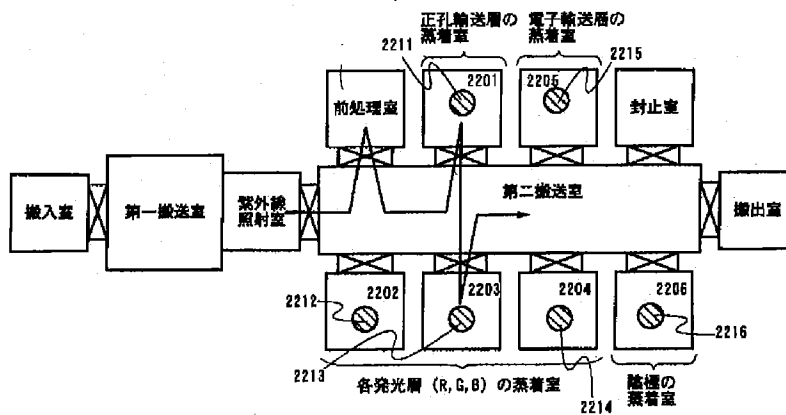
【図9】



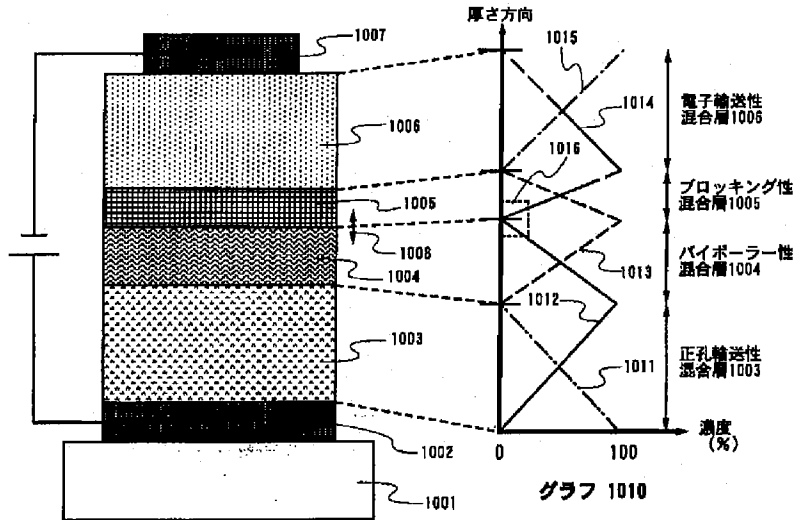
【図11】



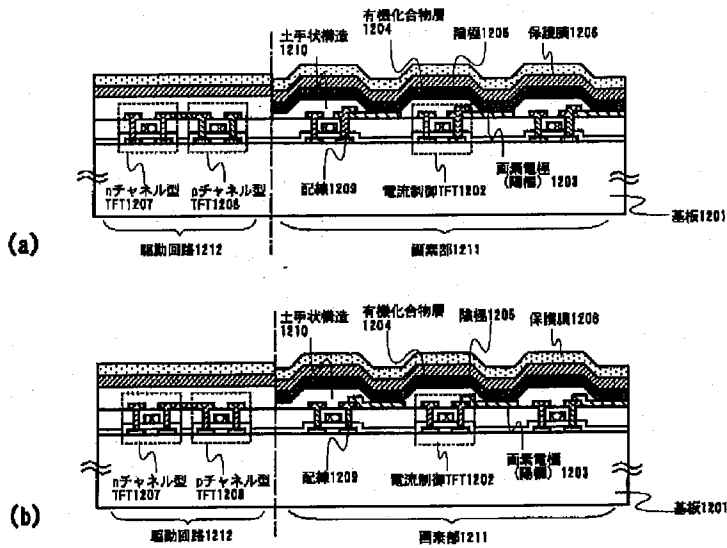
【図22】



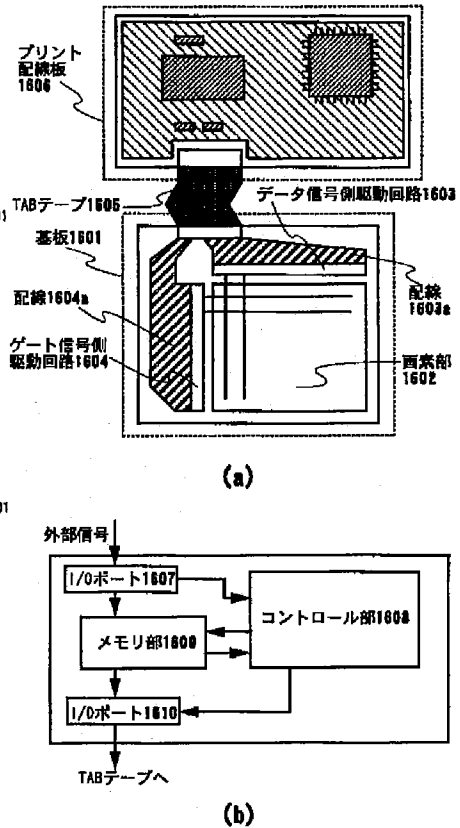
【図10】



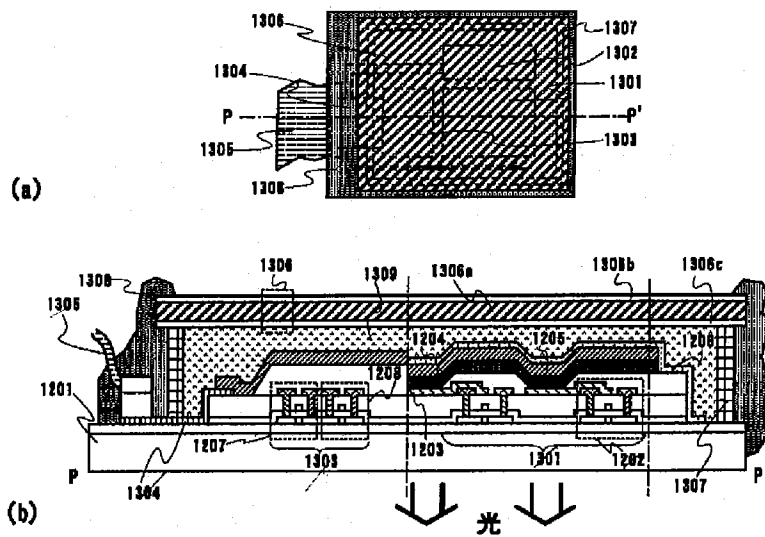
【図12】



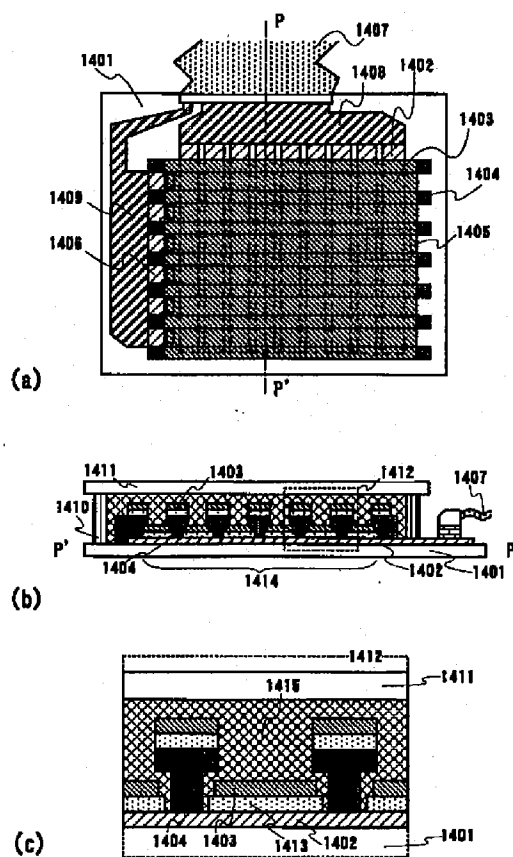
【図16】



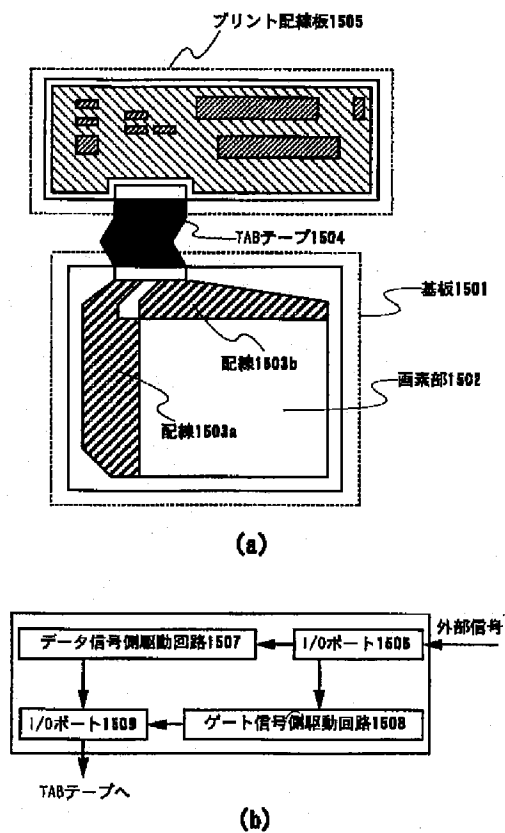
【図 1 3】



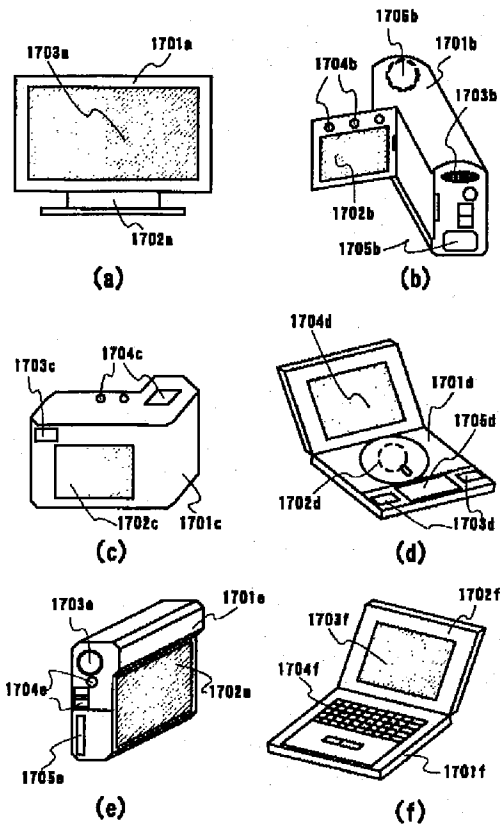
【图 14】



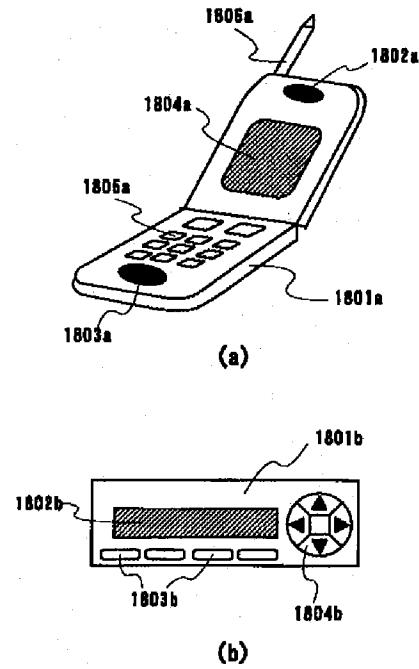
【図 15】



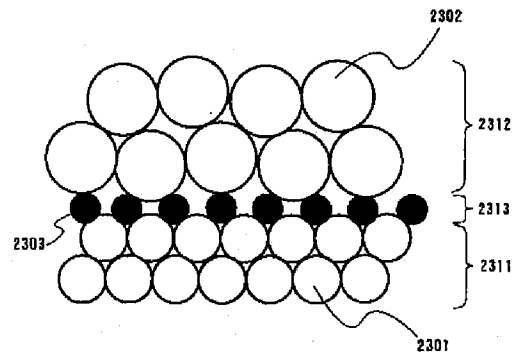
【図17】



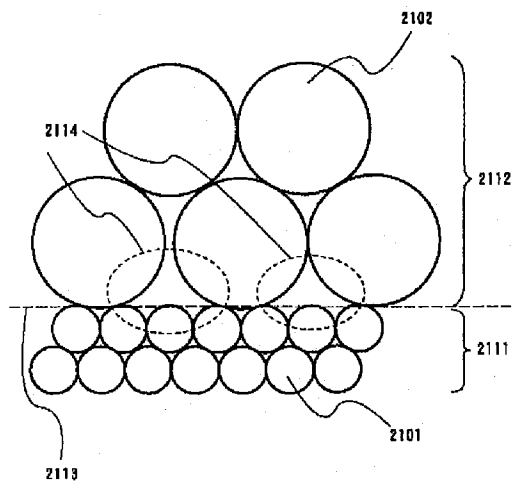
【図18】



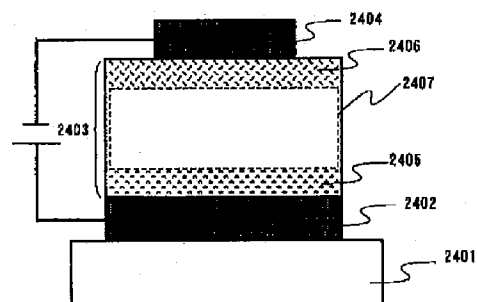
【図23】



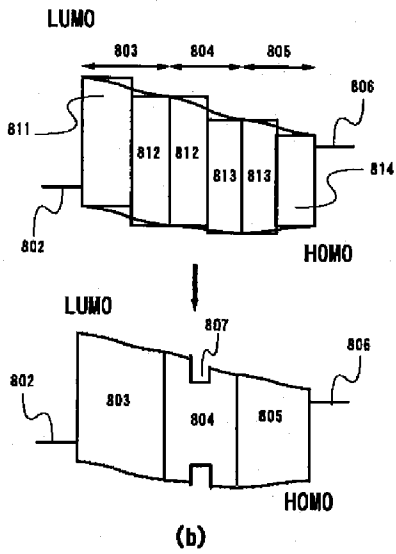
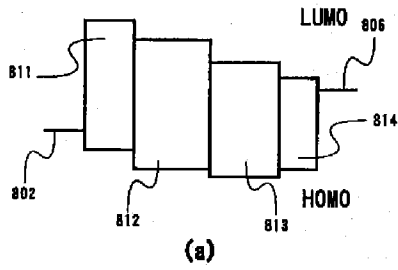
【図21】



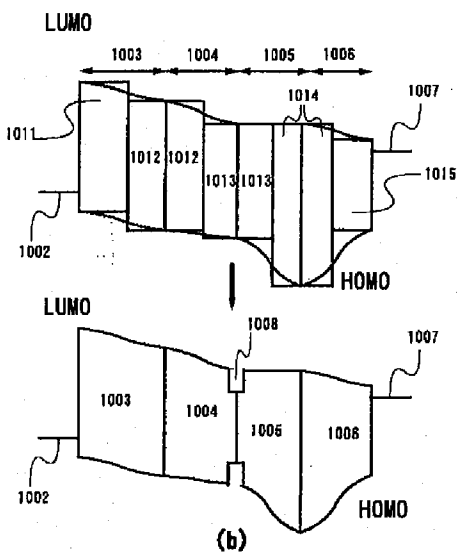
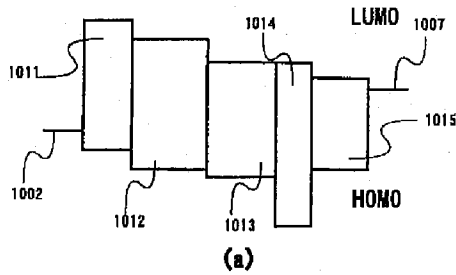
【図24】



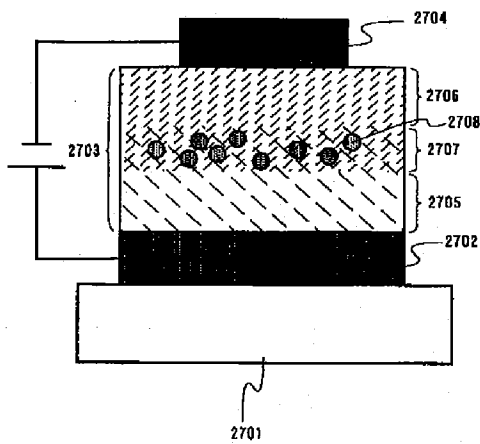
【図19】



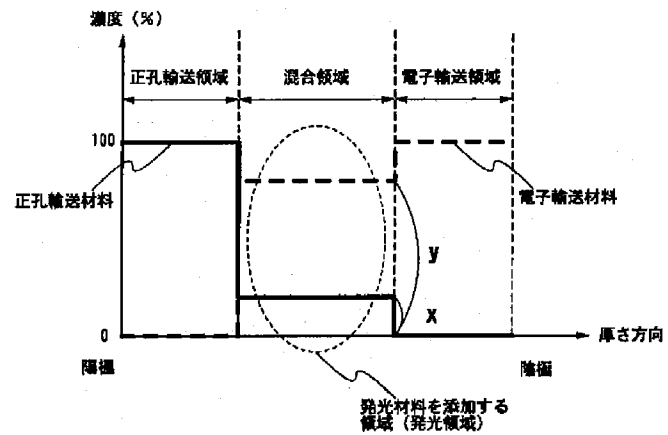
【図20】



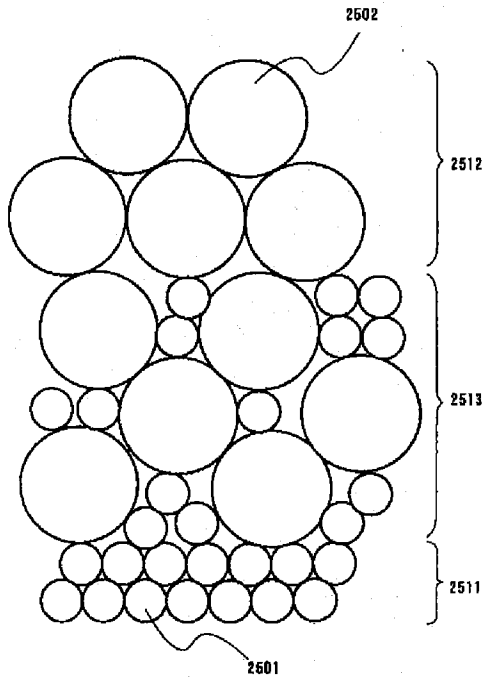
【図27】



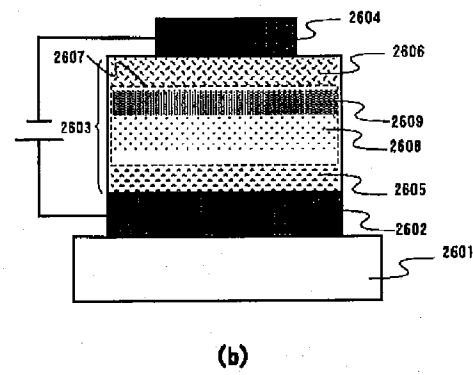
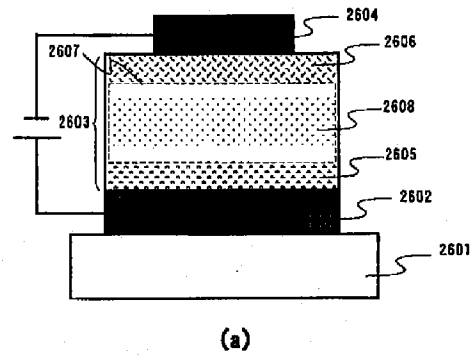
【図28】



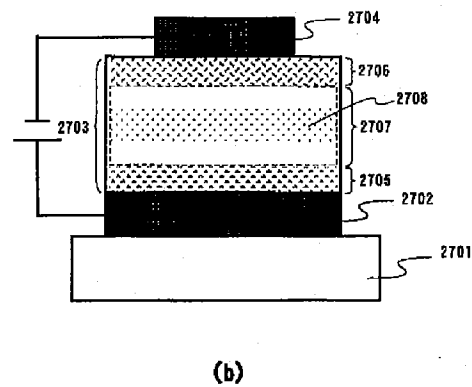
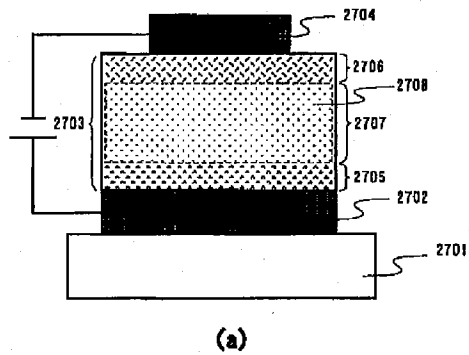
【図25】



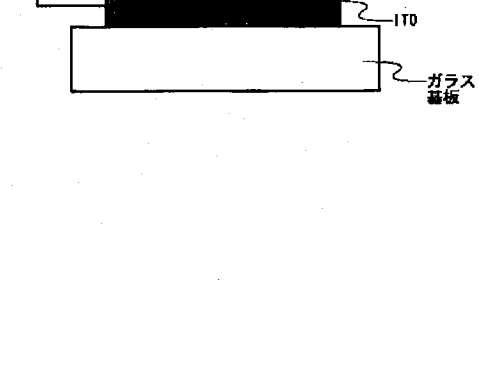
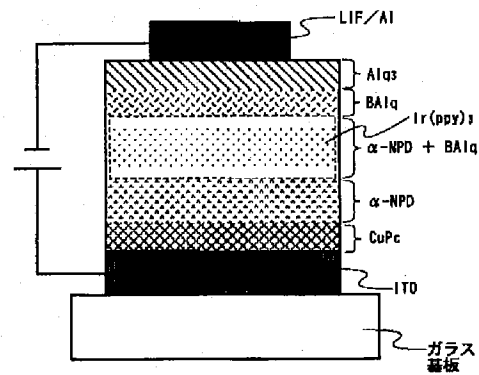
【図26】



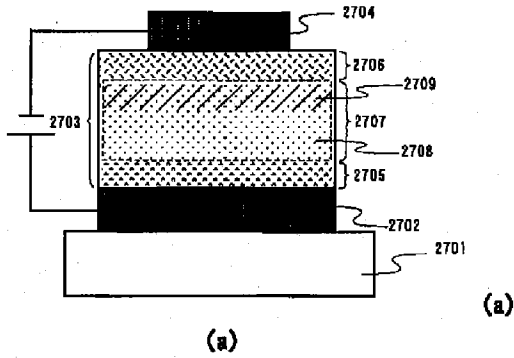
【図29】



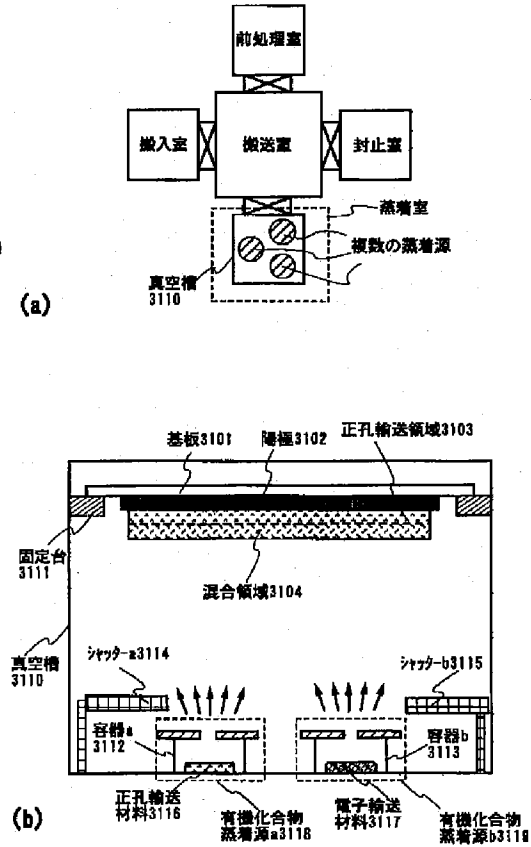
【図33】



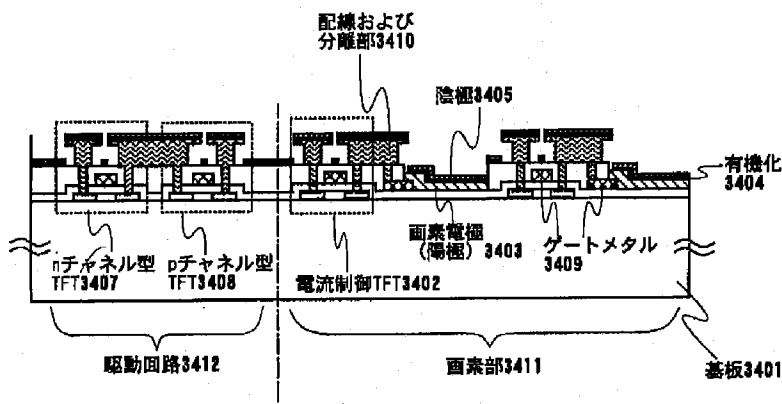
【図30】



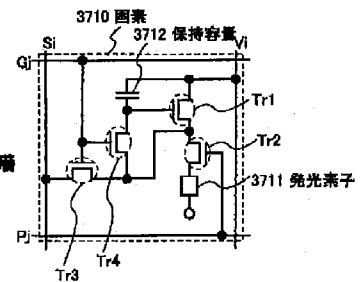
【図31】



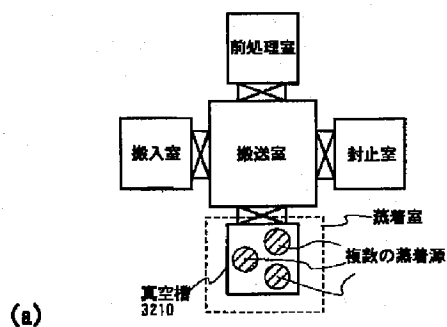
【図34】



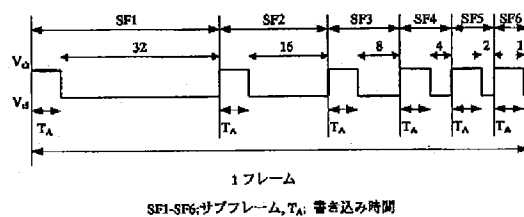
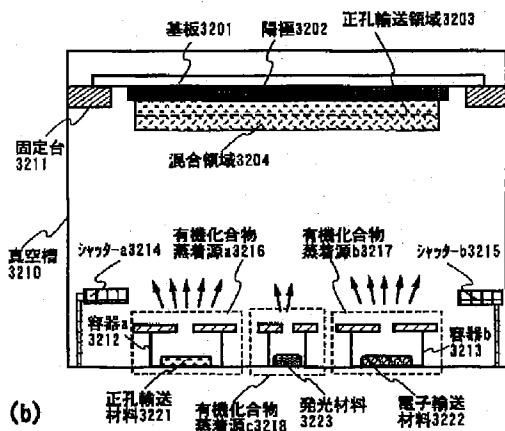
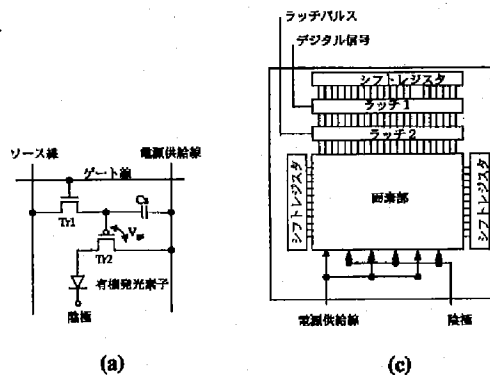
【図37】



【図32】

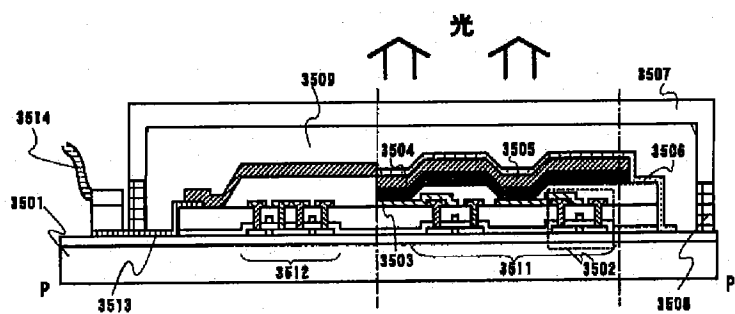


【図36】



(b)

【図35】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3K007 AB04 AB06 AB11 AB18 BA06
BB07 CB01 DA01 DB03 EB00
5C094 AA22 AA24 BA03 BA12 BA27
CA19 CA24 DA09 DA13 DB01
DB04 EA04 EA05 EA07 FB01
FB20 JA01 JA08